

Грыцюк Ю.И., Сивец О.О. Обоснование разумной достаточности структуры системы защиты информационных ресурсов предприятия

Рассматриваются особенности обоснования разумной достаточности структуры системы защиты информационных ресурсов (ИР) предприятия, обеспечивающая непрерывность бизнес-процессов предприятия, устойчивость его функционирования и предотвращающая потенциальные убытки предприятия от реализации информационных атак. Выявлено, что для эффективного использования информации в тот или иной период ее жизненного цикла, в течение которого она актуальна для потенциальных конкурентов, необходимо выбрать такой режим доступа к ней, при котором эффект от ее использования достигал бы максимальной величины.

Ключевые слова: информационная безопасность (ИБ), комплексная система защиты информации (КСЗИ), информационные ресурсы (ИР), организационная и математическая модель ИБ предприятия.

Gryciuk Yu.I., Sivec O.O. Ground of Reasonable Sufficiency of Structure of the System of Defence of Informative Resources of Enterprise

The features of ground of principle of reasonable sufficiency of the system of defence are examined of the informative resources (IR) of the enterprise, what would provide continuity of business processes of the enterprise, firmness of its functioning and prevention of potential losses of the enterprise from realization of informative attacks. It was discovered that for the effective use of information in one or another period of its life cycle during which it is an actual for the potential competitors, it is necessary to choose such access mode, at which an effect from its use would reach a maximal value to it.

Keywords: information protection (IP), complex system of information protection (CIPS), information resources (IR), organizational and mathematical model of enterprise information protection.

УДК 004.03

ОЦІНЮВАННЯ АСПЕКТНОЇ РЕОРГАНІЗАЦІЇ ПРОГРАМНОГО КОДУ ЗА ХАРАКТЕРИСТИКОЮ СУПРОВОДЖУВАНOSTI

Є.В. Левус¹, О.М. Вітоль², О.Б. Бода³

Розглянуто проблему складності супроводу програмного забезпечення. Проаналізовано застосування аспектно-орієнтованого програмування для забезпечення якісної характеристики програм – супроводжуваності. Проведено дослідження на прикладі прототипу програмної системи онлайн-банкінг для випадку об'єктно-орієнтованої та аспектно-орієнтованої реалізації. Отримані результати свідчать про підвищення індексу супроводжуваності для випадків локалізації наскрізної функціональності – логування, опрацювання виняткових ситуацій, перевірка прав доступу. Індекс супроводжуваності можна розглядати як вагове оцінювання на основі кількості рядків коду (LOC), цикломатичної складності (CC) та об'єму холстеда (HV). Є потреба у вдосконаленні вагового оцінювання супроводжуваності.

Ключові слова: супровід програмного забезпечення, модуль системи, об'єктно-орієнтоване програмування, аспектно-орієнтована реалізація, аспект, наскрізна функціональність, метрика коду, індекс супроводжуваності.

Вступ. Актуальність супроводу ПЗ і проблема його складності. Одна з найголовніших стратегій інженерії програмного забезпечення (ПЗ) – повторне

використання компонент – покликана зменшити витрати часу та коштів у процесі розроблення ПЗ. У ракурсі рентабельного розроблення ПЗ особливу увагу приділяють супроводу – етапу життєвого циклу розроблення програмних систем. Однак складність супроводу настільки велика, що зумовлює найчастіше розгляд його як окремого проекту і напряду залежить від складності раніше розробленої системи [1]. Виникає питання, чи можна передбачити в ході первинного розроблення програмної системи певні її властивості, які забезпечать у майбутньому ефективний супровід.

Управління складністю типово здійснюється на основі декомпозиції системи на логічно-змістовні модулі [2]. Від критерію декомпозиції залежить наскільки легко буде модифікувати систему, тобто чи вона здатна до розвитку.

Модуль можна розглядати в найпростішому випадку як безсистемне угруповання, що є штучним об'єднанням різних програмних об'єктів. ООП-декомпозиція системи є більш гнучкою, вона відповідає сутностям предметної області. Проте все ж недоліком є нелокалізована функціональність, що затрудняє внесення змін у вже готову систему. У такому випадку говорять про наскрізну функціональність як перешкоду для зручного розширення функціональних можливостей системи [3, 4]. Ідею локалізації наскрізної функціональності реалізовано у пост-об'єктних технологіях. Однією з таких перспективних технологій є аспектно-орієнтоване програмування (АОП) [5].

Отже, існує проблема зростання складності супроводу ПЗ. Актуальним є пошук рішення для програмного відокремлення наскрізної функціональності від основної логіки програми, що зменшить складність програмної системи, і, відповідно, знизить вартість і складність її супроводу.

Стан вирішення проблеми зростання складності ПЗ внаслідок використання АОП. Дослідження ефективності застосування АОП проводять фахівці академічних установ, працівники дослідницьких лабораторій при відомих корпораціях індустрії ПЗ. Особливістю цих досліджень є те, що оцінювання ефективності застосування АОП здійснюється за різними критеріями.

У [4, 6, 7] доведено ефективність застосування ПООТ, де в розумінні авторів ефективність – це зменшення коефіцієнта питомої ваги наскрізної функціональності (Crosscutting Ratio – CR). Зокрема, у [4] відображено, що ООП недостатньо для вирішення проблеми наскрізної функціональності (ефективність всього 6,7 %), а найкращим рішенням є АОП, результат використання якого забезпечив більше 70 % ефективності.

У [8] проведено порівняння ефективності застосування АОП з ООП для модуля захисту розподіленої системи теплового проектування за рядом метрик. Аспектна реалізація має меншу кількість стрічок коду, є кращою з точки зору топологічної складності, має кращу функціональну декомпозицію. Проте є складність розуміння АОП-коду. Зроблено висновок, що використання АОП покращує надійність ПЗ завдяки меншій складності проекту.

У [9] АОП застосовано для покращення захисту програмної системи. Також проаналізовано слабкі та сильні сторони АОП. Зроблено висновок, що АОП – це надійна парадигма програмування для покращення рівня захисту систем. Серед недоліків автори зазначили те, що в АОП є деякі обмеження, спричинені недостатнім розвитком мовних засобів.

¹ доц. Є.В. Левус, канд. техн. наук – НУ "Львівська політехніка";

² магістр О.М. Вітоль – НУ "Львівська політехніка";

³ магістрант О.Б. Бода – НУ "Львівська політехніка"

У [10] проведено порівняння *АОП*- та *ООП*-реалізації системи за групами метрик, які впливають на супроводжуваність ПЗ:

- Метрики розміру програми: кількість рядків коду (*LOC*), кількість атрибутів (*NOA*).
- Метрики зв'язності: зв'язність між компонентами (*CBC*), глибина спадкування (*DIT*).
- Метрика пов'язаності – непов'язаність в операціях (*LCOO*).
- Метрики використання наскрізної функціональності: Concern Diffusion over Components (*CDC*), Concern Diffusion over Operations (*CDO*), Concern Diffusion over *LOC* (*CDLOC*).

Виявлено, що *АОП* демонструє добру стабільність ПЗ і можливість повторного використання. При цьому зменшилась кількість рядків коду, покращилось відокремлення наскрізної функціональності, зменшилась зв'язність між класами, і зменшилась складність ПЗ. Дослідження у сфері *АОП* є перспективними і ця технологія може вирішити проблеми зростання складності ПЗ. Існує проблема в оцінюванні ефективності застосування *АОП*, а саме в оптимальному виборі методів і засобів аналізу.

Постановка завдання. Зменшення складності ПЗ – це науково-технічна проблема, вирішення якої дає змогу знизити вартість і забезпечити якість ПЗ та дає теоретичну основу для розвитку методів інженерії ПЗ, здатних забезпечити рентабельну розробку.

Актуальними є аналіз та оцінка використання *АОП* під час розроблення систем з погляду забезпечення високої супроводжуваності, підтвердження доцільності його застосування до певних класів задач, пошук засобів підтвердження чи спростування ефективності використання даного підходу в кожному конкретному випадку.

Завданням дослідження є виявлення впливу модуляризації функціональності програмної системи засобами *АОП* на складову характеристику якості ПЗ, а саме супроводжуваність. Тобто потрібно кількісно оцінити здатність програмної системи, реалізованої на основі аспектно-орієнтованого підходу, до розвитку.

Методи дослідження. Здатність системи до еволюціонування визначається однією з характеристик якості – супроводжуваністю, яка за стандартом ISO 9126 про тривірневу систему якості є комплексною оцінкою на базі таких властивостей: аналізованості, зручності внесення змін, стабільності, тестованості, відповідності стандартам зручності супроводу (рис. 1).

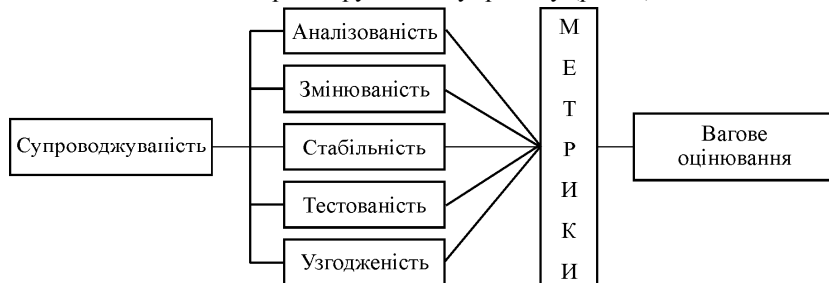


Рис. 1. Модель якісної характеристики – супроводжуваності

У загальному випадку супроводжуваність ПЗ (*Maintainability*) – група властивостей ПЗ, яка характеризується зусиллями, які потрібні для внесення конкретних змін (модифікацій). Окрім цього визначення, також існують різні, засновані на метриках підходи, які визначають супроводжуваність як залежність від різних вимірювальних властивостей системи. Загальною проблемою такого підходу є недостатня обґрунтованість відібраних критеріїв. З супроводжуваністю пов'язано багато різних примітивів якості, зокрема індекс супроводжуваності.

Реалізація усіх вимог до програми не може бути локалізована в окремих модулях у рамках процедурного чи об'єктно-орієнтованого підходу. Внаслідок цього код, що відображає такі функціональні властивості, буде знаходитись у різних модулях системи. Аспектно-орієнтований підхід дає змогу забезпечити можливість локалізації наскрізної функціональності [5] у спеціальних модулях-аспектах.

У цій роботі ПЗ створене на основі *ООП* й аналогічне за функціональністю із застосуванням *АОП* є вхідними даними до експерименту. Для проведення експерименту із застосування *АОП* було створено веб-систему "Онлайн банкінг" для емуляції роботи банківського додатку, призначення якого – онлайн-контроль рахунку і платежів. У системах такого призначення є багато варіантів застосування *АОП*.

Порівняння метричних характеристик систем охоплює:

- порівняння двох систем загалом;
- порівняння метрик коду для окремих частин систем, які містять наскрізну функціональність;
- визначення впливу кількості модифікованих класів на індекс супроводжуваності.

Під час застосування *АОП* спершу потрібно відділити функціональність модульного рівня від наскрізної функціональності системного рівня. Для веб-системи "Онлайн-банкінг" характерна така наскрізна функціональність:

- оброблення виняткових ситуацій;
- логування дій;
- перевірка прав доступу.

Серед функціональності модульного рівня – реєстрація у системі, авторизація користувача, типові банківські операції для клієнта (переглянути виписки, переказати гроші, оплатити реквізити послуги, онлайн-покупка), для менеджера – додати нового користувача, видалити користувача, додати нову картку, заблокувати картку, розблокувати картку.

Для обчислення метрик коду використано додаток CodePro AnalytiX від компанії Google. Він призначений для аналізу *java*-коду, містить підтримку всіх потрібних вимірювань, включених в індекс супроводжуваності.

Формула для обчислення індексу супроводжуваності [11] має вигляд

$$MI = 171 - 5,2 \ln(HV) - 0,23CC - 16,2 \ln(LOC), \quad (1)$$

де: *HV* – метрика Холстеда-об'єм Холстеда; *CC* – цикломатична складність; *LOC* – кількість рядків коду.

Результати. Для оцінювання системи загалом потрібно використовувати середнє значення метрики Холстеда, цикломатичної складності, рядків коду, індексу супроводжуваності (табл. 1).

Табл. 1. Метричні характеристики двох варіантів системи

Метрика	ООП-реалізація	АОП-реалізація
<i>HV</i>	1063,0	717,6
<i>CC</i>	1,3	1,2
<i>LOC</i>	40,2	32,1
<i>MI</i>	74,6	80,4

Система, реалізована за допомогою *АОП*, має на 30 % нижче середнє значення метрики об'єму Холстеда, також знизилась середня цикломатична складність (5 %) і середня кількість рядків коду (більш ніж на 20 %) (рис. 2). Індекс супроводжуваності зріс на 7 %.

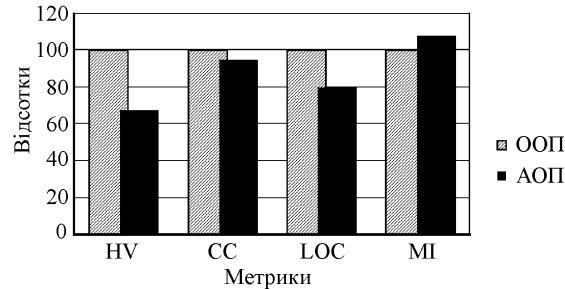


Рис. 2. Порівняння метрик коду ООП- та АОП-систем

Значення метрик *ООП*-реалізації прийнято за 100 %, значення метрик *АОП* реалізації відображена як частка відносно *ООП* реалізації. Результати оцінки частин обох систем та частка зміни індексу супроводжуваності подано у табл. 2.

Табл. 2. Значення індексу супроводжуваності

Наскрізна функціональність	<i>MI</i> для реалізації за допомогою <i>ООП</i>	<i>MI</i> для реалізації за допомогою <i>АОП</i>	Зміна індексу супроводжуваності <i>MI</i> , %
Логування	72,36	77,48	7,1
Перевірка прав доступу	51,52	54,38	5,5
Оброблення виняткових ситуацій	68,57	74,60	8,8

Розглянемо кожний випадок окремо.

I. Логування. *АОП*-реалізація системи для логування дала покращення індексу супроводжуваності на 7 %. При цьому метрики топологічної складності істотно зменшилися. Значення об'єму Холстеда зменшилося на 18 %, кількість рядків коду більш ніж на 20 %, значення цикломатичної складності практично не змінилось (до 2 %).

II. Перевірка прав доступу. Внаслідок застосування *АОП* для виокремлення перевірки прав доступу отримано покращення значення індексу супроводжуваності на 5 %. Незначне покращення метрики Холстеда. Істотно зменшилось значення цикломатичної складності – більш ніж на 40 %, кількість рядків коду зменшилась на 13 %.

III. Оброблення виняткових ситуацій. *АОП*-реалізація системи дала покращення індексу супроводжуваності на 9 %. При цьому метрики топологічної

складності істотно зменшилися. Значення об'єму Холстеда зменшилося більш ніж на 30 %, кількість рядків коду зменшилась на більш ніж 20 %, значення цикломатичної складності зменшилось приблизно на 15 %.

Метричні характеристики для зазначеної наскрізної функціональності наведено у табл. 3. Результати, отримані у цьому пункті, свідчать про доцільність використання *АОП* для покращення індексу супроводжуваності web-систем. Відповідно, застосування *АОП* покращує супроводжуваність ПЗ.

Табл. 3. Значення метрик для *ООП*- й *АОП*-реалізації системи

Наскрізна функціональність		<i>ООП</i>			<i>АОП</i>		
		<i>HV</i>	<i>CC</i>	<i>LOC</i>	<i>HV</i>	<i>CC</i>	<i>LOC</i>
I	Логування	1063,91	1,34	46,20	874,28	1,32	35,87
II	Перевірка прав доступу	2048,72	2,09	134,00	1930,88	1,18	16,00
III	Оброблення виняткових ситуацій	1344,84	1,56	53,95	951,32	1,35	41,69

Ефективність *АОП*-реорганізації коду для приведених вище випадків наскрізної функціональності оцінено на основі зміни метрики Холстеда (*HV*), цикломатичної складності (*CC*), рядків коду (*LOC*) у відсотках. Під зміною метрик розуміють зменшення їх значень, що означає зменшення складності програмного коду (рис. 3). Під зміною метрик розуміють зменшення їх значень, що означає зменшення складності програмного коду.

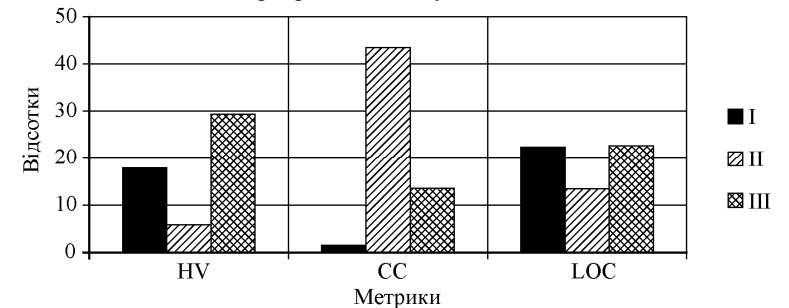


Рис. 3. Зменшення величин метрик для *АОП*-реорганізації системи

Аналіз отриманих результатів. Проведено дослідження ефективності *АОП*-реорганізації програмного коду, написаного початково на основі *ООП*, для наскрізної функціональності – логування, перевірка прав доступу, оброблення виняткових ситуацій. Усі метрики, що характеризують складність програмного коду, зменшилися.

У розглянутому випадку найбільшого значення індексу супроводжуваності вдалося досягнути для логування – 77,48 %, однак найбільший приріст індексу відбувся для оброблення виняткових ситуацій – 8,8 %. Серед метрик найкращого результату досягнуто для цикломатичної складності у випадку перевірки доступу – 43,5 %. Найменшого приросту серед метрик отримано для цикломатичної складності у випадку логування. Для всіх випадків наскрізної функціональності кількість рядків коду зменшилась на близько 20 %.

Висновки. З допомогою індексу супроводжуваності можна обґрунтувати доцільність використання *АОП* з метою забезпечення супроводу ПЗ. Індекс суп-

роводжуваності є інструментом вагового оцінювання якості ПЗ на основі метрик програмного коду – *LOC, HV, CC*. Метрики забезпечують напрям подальшого пошуку рішень, на жаль, не отримавши універсального рецепту побудови якісного ПЗ. Є потреба у проведенні емпіричного оцінювання ефективності *АОП*. *АОП* має використовуватися як доповнення до *ООП*.

Література

1. Rajiv D. Banker. Software complexity and maintenance costs / Srikanth M. Datq Chris F. Kemer, Dani Zweig // Communications of the ACM. – 2003. – № 11. – Pp. 81-94.
2. Буч Г. Объектно-ориентированный анализ и проектирование / Г. Буч. – СПб. : Изд-во "Бином", Невский диалект, 1998. – 560 с.
3. Gary Pollice, Professor of Practice, Worcester Polytechnic Institute. Aspect-Oriented Programming: What is it good for. [Electronic resource]. – Mode of access [http://www.ibm.com/ developerworks/rational/library/mar06/pollice/](http://www.ibm.com/developerworks/rational/library/mar06/pollice/).
4. Tkachuk M. Knowledge-Based Approach to Effectiveness Estimation of Post Object-Oriented Technologies in Software Maintenance / Mykola Tkachuk, Konstantyn Nagorny, Rustam Gamzayev. // Proc. of the 11th International Conference on ICT in Education, Research and Industrial Applications : Integration, Harmonization and Knowledge Transfer, Lviv, Ukraine, 2015. – Pp. 23-32.
5. Сафонов В.О. Аспектно-ориентированное программирование / В.О. Сафонов. – СПб. : Изд-во Санкт-Петербургского госуд. ун-ета, 2011. – 104 с.
6. Нагорный К.А. Разработка и применение методики оценки эффективности пост объектно-ориентированных технологий / К.А. Нагорный // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2013. – № 10. – С. 23-28.
7. Нагорный К.А. Архитектурні моделі та метрики оцінювання складності застосування пост объектно-орієнтованих технологій розроблення програмних систем / М.М. Литвинчук, К.А. Нагорний, М.В. Ткачук // Вісник ХНУ ім. В.Н. Каразіна. – Сер.: Математичне моделювання. Інформаційні технології. Автоматизовані системи управління. – 2012. – № 1015. – С. 234-245.
8. Яковина В.С. Аналіз використання аспектно-орієнтованого програмування як засобу підвищення надійності програмного забезпечення / В.С. Яковина, Д.В. Федасюк, Н.М. Мамроха. // Інженерія програмного забезпечення. – 2010. – № 2. – С. 23-28.
9. Mourad A. An aspect-oriented approach for the systematic security hardening of code / A. Mourad, M. Laverdière, M. Debbabi // Elsevier Advanced Technology. – 2008. – № 3. – С. 101-114.
10. Uir Kulesza. Quantifying the Effects of Aspect-Oriented Programming: A Maintenance Study / Uir Kulesza, Cludio Sant'Anna, Alessandro Garcia, Roberta Coelho, Arndt von Staa, Carlos Lucena // ICSM '06. 22nd IEEE International Conference on Software Maintenance, Philadelphia, PA, Sept. 24-27, 2006.
11. Maintainability Index. [Electronic resource]. – Mode of access http://www.verifysoft.com/en_maintainability.html.

Надійшла до редакції 10.10.2016 р.

Левус Е.В., Витоль О.М., Бода О.Б. Оценивание аспектной реорганизации программного кода по характеристике сопровождаемости

Рассмотрена проблема сложности сопровождения программного обеспечения. Проанализировано применение аспектно-ориентированного программирования для обеспечения качественной характеристики программ – сопровождаемость программного обеспечения. Проведено исследование на примере прототипа программной системы онлайн-банкинга для случая объектно-ориентированной и аспектно-ориентированной реализации. Полученные результаты свидетельствуют о повышении индекса сопровождения для случаев локализации сквозной функциональности – логирование, обработка исключительных ситуаций, проверка прав доступа. Индекс сопровождения программного обеспечения можно рассматривать как весовую оценку на основе количества строк кода (*LOC*), цикломатической сложности (*CC*) и объема Холстеда (*HV*). Есть необходимость в совершенствовании весового оценивания поддержки программного обеспечения.

Ключевые слова: сопровождение программного обеспечения, модуль системы, объектно-ориентированное программирование, аспектно-ориентированная реализация, сквозная функциональность, метрики кода, индекс сопровождения.

Levus Ye.V., Vitol O.M., Boda O.B. The Evaluation of the Aspect Reorganization of Program Code according to Maintenance Characteristic

The problem of the complexity of the software maintenance is considered. Application of the aspect-oriented programming for providing qualitative characteristics of programs such as maintenance is analysed. Our investigation is based on Online Banking System's prototype (for Object-oriented case and Aspect-oriented implementation). Obtained results assure increasing maintainability index for localization of bi-directional functionality that is logging, processing exceptional cases, and authorization. Maintainability index can be considered as the weighted estimation based on the number lines of code (*LOC*), cyclomatic complexity (*CC*) and Halstead complexity measures (*HV*).

Keywords: software maintenance, system module, object-oriented programming, aspect-oriented implementation, cross-cutting functionality, code metric, maintainability index.

УДК 556-12

ДОСЛІДЖЕННЯ СТІЙКОСТІ КОНВЕКТИВНОГО РУХУ ІЗ ВНУТРІШНІМ ДЖЕРЕЛОМ ТЕПЛА

В.В. Негрич¹, Я.М. Дем'янчук², В.Р. Процюк³

Досліджено гідродинамічну стійкість в'язкої нестисливої рідини, розміщеної між вертикальними паралельними поверхнями. Розглянуто вільну конвекцію з парним профілем та швидкості. Для дослідження використано варіаційний принцип нерівноважної термодинаміки – метод локального потенціалу. Визначено критичне значення критерію Грасгофа, залежно від числа Прандтля та значення хвильового числа, за якого відбувається перехід від простої до складної дисипативної структури. Також враховано кут нахилу шару відносно гравітаційного поля. Представлений метод розрахунків з використанням тільки однієї пробної парної функції швидкості та однієї непарної для температури дає змогу отримати задовільні результати.

Ключові слова: конвективний рух рідини, локальний потенціал, дисипативні структури, критерій Грасгофа, критерій Прандтля.

Вступ. У практичних умовах процеси доцільно проводити у високо-інтенсивному стаціонарному режимі. Тому їх проводять в умовах, далеких від рівноважних, у нелінійній області залежності потоків від термодинамічних сил. У цьому випадку проявляється велика різноманітність станів. У міру збільшення величини сил, які накладаються на систему, в ній відбуваються зміни, нагромадження яких призводить до швидкої перебудови режиму перебігу необоротних процесів; ці зміни зумовлюють нестійкість у вигляді просторових дисипативних структур.

Незважаючи на велику різноманітність стаціонарних станів, форм нестійкості і дисипативних структур у сильно нерівноважних умовах, їх об'єднують деякі спільні закономірності поведінки систем, віддалених від рівноваги, які добре вписуються у фундаментальну теорію необоротних процесів.

Аналіз сучасних досягнень розвитку наявної проблеми. На відміну від звичайної проблеми Бенарда, конвективний рух рідини, яка міститься між двома вертикальними площинами, відбувається за нескінченно малої різниці тем-

¹ доц. В.В. Негрич, канд. хім. наук – Івано-Франківський НТУ нафти і газу;

² доц. Я.М. Дем'янчук, канд. техн. наук – Івано-Франківський НТУ нафти і газу;

³ доц. В.Р. Процюк, канд. техн. наук – Івано-Франківський НТУ нафти і газу