

Державний вищий навчальний заклад  
«Українська академія банківської справи Національного банку України»

Кафедра економічної кібернетики

ДО ЗАХИСТУ  
Завідувач кафедри  
економічної кібернетики  
канд. техн. наук, доцент  
\_\_\_\_\_ С.М. Новак  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2010 р.

ДИПЛОМНА РОБОТА  
на здобуття освітньо-кваліфікаційного рівня магістр  
за напрямом 8.050102 «Економічна кібернетика»  
галузі знань «Економіка та підприємництво»

Тема роботи: «Метод оцінки оптимальних параметрів бізнес-процесів  
дилінгової служби банку»

Виконав студент 5 курсу, група МЕК-51 \_\_\_\_\_ М. І. Зеленська  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2010 р.

Керівник дипломної роботи: \_\_\_\_\_ С. М. Новак  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2010 р.

Тема роботи затверджена наказом по академії від « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2010 р., \_\_\_\_\_



## РЕФЕРАТ

дипломної роботи

на здобуття освітньо-кваліфікаційного рівня магістр

Зеленської Марини Іванівни

Метод оцінки оптимальних параметрів бізнес-процесів  
дилінгової служби банку

В умовах бурхливого розвитку валютної торгівлі все більше банків стають активними учасниками конверсійного ринку. Проте на сьогодні не існує жодної методики, яка б давала можливість сучасним банкам оцінити оптимальні для них параметри торгівлі, орієнтовні результати діяльності та імовірність одержання таких результатів. Саме ці причини виступають стимулом проведення досліджень даній галузі і визначають актуальність теми дипломної роботи.

Метою дипломної роботи є розробка методу оцінки оптимальних параметрів бізнес-процесів дилінгової служби банку.

Об'єктом дослідження дипломної роботи виступають бізнес-процеси, якими характеризується робота дилінгової служби комерційного банку.

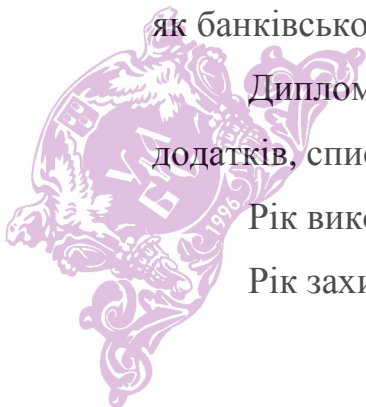
Предметом дослідження є характер взаємозв'язків між параметрами роботи дилінгової служби банку і факторами конверсійного ринку.

Практична цінність роботи полягає в розробці методу оцінки оптимальних параметрів бізнес-процесів дилінгової служби банку і створенні методики проектувальних розрахунків. Використання запропонованого методу дає можливість оцінити найбільш значимі показники роботи фронт-офісу і розробити практичні рекомендації по організації валютного дилінгу як банківського бізнесу.

Дипломна робота містить 119 сторінок, 26 таблиць, 28 рисунків, 7 додатків, список використаної літератури з 25 найменувань.

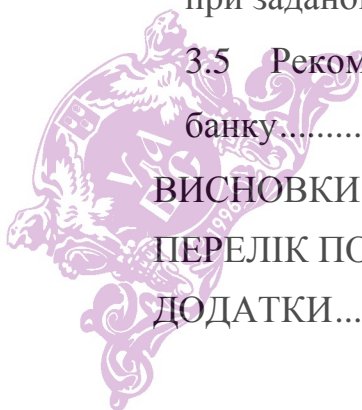
Рік виконання дипломної роботи 2009-2010.

Рік захисту роботи 2010.



## ЗМІСТ

ВСТУП .....	4
1 ЕКОНОМІЧНА СУТНІСТЬ ЗАДАЧІ ДОСЛІДЖЕННЯ.....	6
1.1 Сучасний стан міжбанківського конверсійного ринку.....	6
1.2 Основні учасники конверсійного ринку .....	12
1.3 Теорії валютного ціноутворення.....	15
1.4 Організація валютного дилінгу в комерційному банку.....	27
1.5 Постановка задачі дослідження .....	30
2 МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ БІЗНЕС-ПРОЦЕСІВ ДИЛІНГОВОЇ СЛУЖИ БАНКУ .....	32
2.1 Аналіз основних бізнес-процесів дилінгової служби банку .....	32
2.2 Математична модель конверсійного ринку .....	41
2.3 Математична модель міжбанківських торгів .....	46
2.4 Приведення моделі до безрозмірного вигляду .....	55
2.5 Характеристики основних бізнес-процесів.....	59
2.6 Емпіричні рівняння оптимальних параметрів роботи фронт-офісу....	70
3 ПЕРЕВІРКА АДЕКВАТНОСТІ МОДЕЛІ ТА МЕТОДИКИ ПРОЕКТУВАЛЬНИХ РОЗРАХУНКІВ.....	76
3.1 Перевірка адекватності моделі.....	76
3.2 Методика оцінки оптимальних параметрів роботи фронт-офісу при заданій кількості контрагентів .....	84
3.3 Методика оцінки оптимальних параметрів роботи фронт-офісу при заданій кількості трейдерів.....	89
3.4 Методика оцінки оптимальних параметрів роботи фронт-офісу при заданому рівні ринкового прибутку .....	93
3.5 Рекомендації по організації бізнес-процесів дилінгової служби банку.....	97
ВИСНОВКИ.....	101
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ .....	102
ДОДАТКИ.....	105



## ВСТУП

Дилінг – це діяльність, направлена на оперативне управління фінансовими ресурсами. Оперативність – найбільш важлива складова дилінгу, тому максимальна ефективність даного виду діяльності досягається при роботі із високоліквідними товарами чи фінансовими активами.

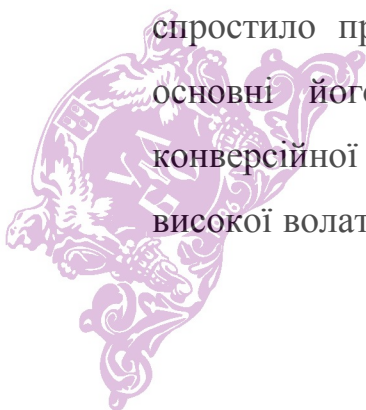
Характерною особливістю валютного дилінгу є те, що процес прийняття рішення відбувається в умовах високої динамічності ринку. Оскільки ціни на валюту змінюються майже миттєво, результат торгів значною мірою залежить від уміння об'єкта, що приймає рішення, правильно і своєчасно реагувати на зміну ринкової кон'юнктури.

Бурхливий розвиток валютної торгівлі розпочався не так давно – у 1973 році після введення плаваючих валютних курсів. З того часу навряд чи можна назвати іншу галузь фінансової індустрії, яка б давала такі ж великі прибутки, як обмін валют.

Проте передбачити поведінку ринку надзвичайно складно: інтенсивний рух змінюється періодами відносної стабільності. Гроші швидко переходять із в руки у величезних обсягах. Сьогодні середній об'єм однієї конверсійної угоди складає біля 5 млн. доларів.

Інтенсивність розвитку дилінгових операцій у значній мірі пов'язана із удосконаленням засобів зв'язку та обчислювальної техніки. Сучасні засоби зв'язку дозволяють одержувати інформацію про ціни із запізненням у декілька секунд, а використання обчислювальної техніки – приймати оптимальні рішення і укладати угоди у досить короткий строк.

Застосування дилінгового програмного забезпечення значною мірою спростило процес ведення переговорів і дало можливість формалізувати основні його етапи. Завдяки цьому сьогодні для укладання однієї конверсійної угоди достатньо 25 секунд, що надзвичайно важливо в умовах високої волатильності ринку, коли за декілька хвилин ціна може відхилитися





на 5-10 пунктів, що дає можливість одержати від 2,5 до 5 тисяч доларів прибутків або збитків.

Оскільки потенціали ринку є досить високими, валютна торгівля стала основним джерелом доходів більшості фінансових інститутів. Виходячи з міркувань прибутковості операцій, комерційні банки також більше уваги починають звертати не кредитування, а саме на торгівлю валютою.

Але організація валютного дилінгу у великих масштабах вимагає ґрунтовного дослідження механізму ринкового ціноутворення і застосування оптимальної стратегії торгівлі, яка б могла забезпечити певний рівень беззбиткової роботи.

З огляду на це, досить актуальною задачею є створення методики, яка б давала можливість сучасним банкам оцінити оптимальні для них параметри торгівлі, орієнтовні результати діяльності та імовірність одержання таких результатів.

Саме ці завдання вирішуються у даній дипломній роботі, яка присвячена розробці методу оцінки оптимальних параметрів бізнес-процесів дилінгової служби банку.



# 1 ЕКОНОМІЧНА СУТНІСТЬ ЗАДАЧІ ДОСЛІДЖЕННЯ

## 1.1 Сучасний стан міжбанківського конверсійного ринку

Сьогодні більшість країн світу мають свою власну валюту. Торгівля валютою та банківськими депозитами відбувається на світовому конверсійному ринку FOREX (FOREX – FOReign EXchange).

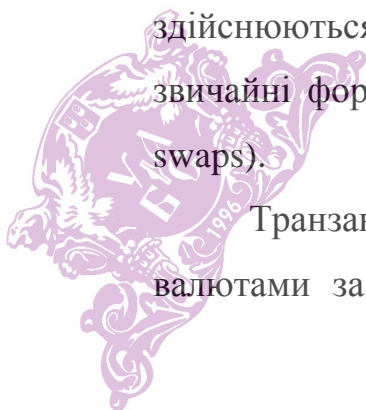
Угоди, що укладаються на даному ринку, визначають курс, за яким валюти обмінюються одна на одну, який у свою чергу впливає на вартість покупки закордонних товарів та фінансових активів [1].

За даними Банку Міжнародних Розрахунків (Bank for International Settlements, далі BIS), станом на квітень 2007 року денний оборот на світовому конверсійному ринку FOREX склав 3,2 трильйонів доларів США [2]. Для порівняння, за підрахунками Державного комітету статистики валовий внутрішній продукт України у фактичних цінах у 2007 році становив 720731 млн. грн. [3], що в перерахунку за офіційним обмінним курсом НБУ станом на 31.12.2007 року складає приблизно 0,14 трильйонів доларів США.

Об'єми операцій світового ринку FOREX постійно зростають. Це пов'язано із розвитком міжнародної торгівлі та скасуванням валютних обмежень у більшості країн. Вражаючими є не тільки самі об'єми операцій, але і темпи, з якими відбувається розвиток ринку [4]. За результатами моніторингу BIS, що проводиться кожні три роки, цей показник зріс у порівнянні з квітнем 2004 року на 69% у поточних обмінних курсах і на 63% у постійних обмінних курсах [2].

За інформацію, представленою BIS, основними видами операцій, які здійснюються на світовому ринку FOREX є угоди спот (spot transactions), звичайні форвардні угоди (outright forwards) та FX свопи (foreign exchange swaps).

Транзакція спот – одинична звичайна угода, що включає обмін двома валютами за курсом, що оговорений в день укладання угоди, із датою



валютування (виплати грошової суми) не пізніше, ніж на другий робочий день.

Звичайний форвард – угода, що передбачає обмін двома валютами за курсом, що оговорений в день укладання угоди, із датою валютування (виплати грошової суми) у певний момент часу у майбутньому (більш, ніж через два робочих дні).

FX своп – угода, яка передбачає фактичний обмін двома валютами (тільки основою сумою, яка передбачена угодою) на певну дату (більш близька дата) за курсом, оговореним в момент укладання угоди, і зворотній обмін тими ж валютами на дату більш віддалену у майбутньому за ставкою (зазвичай вона відрізняється від ставки для більш близької дати), оговореною в момент укладання угоди [2].

Динаміка росту ринку досить сильно відрізняється за інструментами (таблиця 1.1) [2].

Таблиця 1.1– Середнє значення денного обороту світового конверсійного ринку FOREX станом на квітень 1992-2007 рр., млрд. дол. США

Інструмент	Рік					
	1992	1995	1998	2001	2004	2007
Угоди спот	394	494	568	387	631	1005
Звичайні форварди	58	97	128	131	209	362
- до 7 днів	-	50	65	51	92	154
- понад 7 днів	-	46	62	80	116	208
FX свопи	324	546	734	656	954	1714
- до 7 днів	-	392	528	451	700	1329
- понад 7 днів	-	162	202	204	252	382
Неточності звіту	44	53	60	26	106	129
Загальний денний оборот	820	1190	1490	1200	1900	3210

Збільшення обороту FX свопів було досить суттєвим і найбільше вплинуло на загальне зростання. Це дуже сильно відрізняється від ситуації

2001-2004 рр., коли зростання FX свопів було значно меншим, ніж контрактів спот та простих форвардних угод. Частка FX свопів зі строком до семи днів у порівнянні із квітнем 2004 року зросла із 73% до 78%, у той час як частка форвардів із таким же строком трохи зменшилась[2].

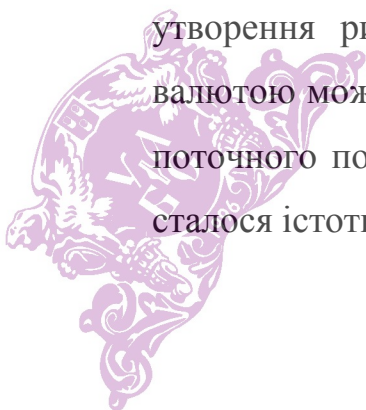
Денний об'єм операцій найбільших міжнародних банків досягає мільярдів доларів. Типовий об'єм угоди для міжбанківської торгівлі складає 10 мільйонів доларів США [4].

Більша частина усіх укладених угод складають спекулятивні операції, ціллю яких є одержання прибутку за рахунок різниці валютних курсів. Така «гра» приваблює велику кількість як фінансових організацій, так і індивідуальних інвесторів.

Сучасний ринок FOREX, для якого характерні періоди зростання волатильності цін і їх відносної стабільності, що періодично змінюють один одного, склався в двадцятому столітті. До середини 30-х років Лондон був провідним центром валютної торгівлі, а британський фунт – валютою для розрахунків і створення валютних резервів.

Після Другої світової війни, коли економіка Великобританії зазнала величезних збитків, а Сполучені Штати були єдиною промислово розвиненою країною, що економічно не постраждала від війни, долар США, відповідно до Бреттон-Вудського договору (1944 р.) між став резервною валютою для всіх капіталістичних країн з жорсткою штучною прив'язкою їх валют до американського долара. У свою чергу, долар США був прив'язаний до вартості золота з розрахунку 35 доларів за унцію.

Найважливішою віхою в історії фінансових ринків ХХ століття було введення в кінці 70-х рр. вільно плаваючих курсів валют, що привело до утворення ринку FOREX в його сучасному розумінні. Це означає, що валютою може торгувати кожен бажаючий, а її ціна визначається як функція поточного попиту і пропозиції на ринку. Після введення плаваючого курсу сталося істотне зростання об'єму торгівлі на ринку FOREX [10].





FOREX не є «ринком» в традиційному значенні цього слова. У нього немає єдиного центру, він не має конкретного місця торгівлі. Торги відбуваються по телефону і через термінали комп'ютерів одночасно в сотнях банків по всьому світу [11].

FOREX об'єднує чотири регіональні ринки: азіатський, європейський, американський та австралійський. Ці ринки є позабіржовими (OTC – over-the-counter). Вони цілодобово функціонують в усіх країнах світу. Найбільший у світі центр, що здійснює торгівлю валютою, – Лондон, за ним ідуть Нью-Йорк і Сінгапур. У кожному з таких центрів операції, як правило, здійснюються протягом робочого дня. Як наслідок, торгівля розпочинається в Азії. До завершення робочого дня у східній півкулі торгівля відкривається у Лондоні, а вкінці робочого дня зі столиці Великобританії активність переміщується до Нью-Йорку [5].

На приведеній схемі (рисунок 1.1) показано, яким чином можна забезпечити 24-годинний торговий день, переміщуючись від одного фінансового центра до іншого.

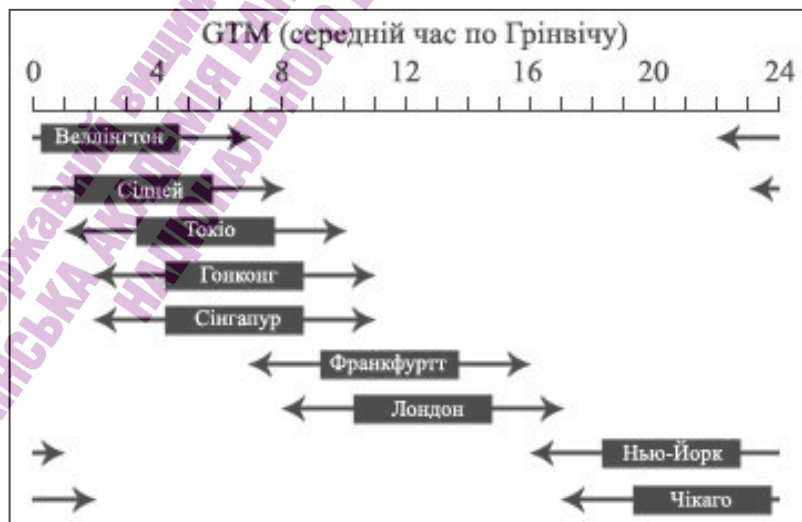


Рисунок 1.1 – Приклад 24-годинної роботи світового ринку FOREX

Робочий день розпочинається у Веллінгтоні, Нова Зеландія, далі йдуть Сідней, Токіо, Гонконг і Сінгапур. Кількома годинами пізніше торгівля розпочинається в Бахрейні. По завершенні робочого дня в Токіо ринки

відкриваються у Європі. Коли у Європі переходить за полудень, відкриваються ринки США. На кінець робочого дня в Нью-Йорку відкриваються ринки тихоокеанської частини Азії [11]. Більша частина роботи припадає на години, коли відкриті саме європейські ринки.

Таким чином, основними характеристиками світового конверсійного ринку є:

- відсутність конкретного місця проведення торгів – вони ведуться по всьому світу;
- відсутність конкретного часу роботи – торги ведуться цілодобово;
- відсутність зовнішнього регулюючого органу – ціни визначаються виключно при взаємодії попиту і пропозиції;
- найбільша кількість учасників і найбільші об'єми операції;
- найшвидший і найбільш ліквідний ринок – операції здійснюються протягом секунд [12].

Географічний розподіл об'ємів валютної торгівлі традиційно досить повільно змінюється з часом, і результати 2007 року не є виключенням (рисунок 1.2) [2].

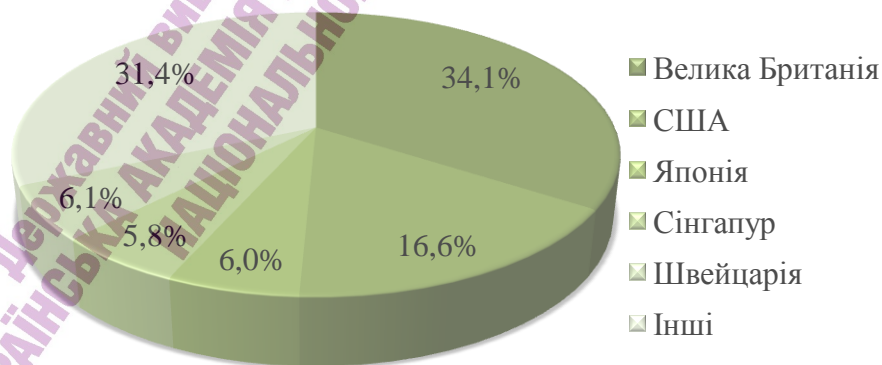


Рисунок 1.2– Географічний розподіл денного обороту ринку FOREX станом на квітень 2007 року, %

Серед країн, в яких зосереджені найбільші фінансові центри, Сінгапур, Швейцарія та Велика Британія демонструють позитивну динаміку збільшення ринкової долі, у той час як Японія та США дещо втрачають свої

позиції (рисунок 1.3). У деяких випадках така зміна може свідчити про переміщення центрів впливу [2].

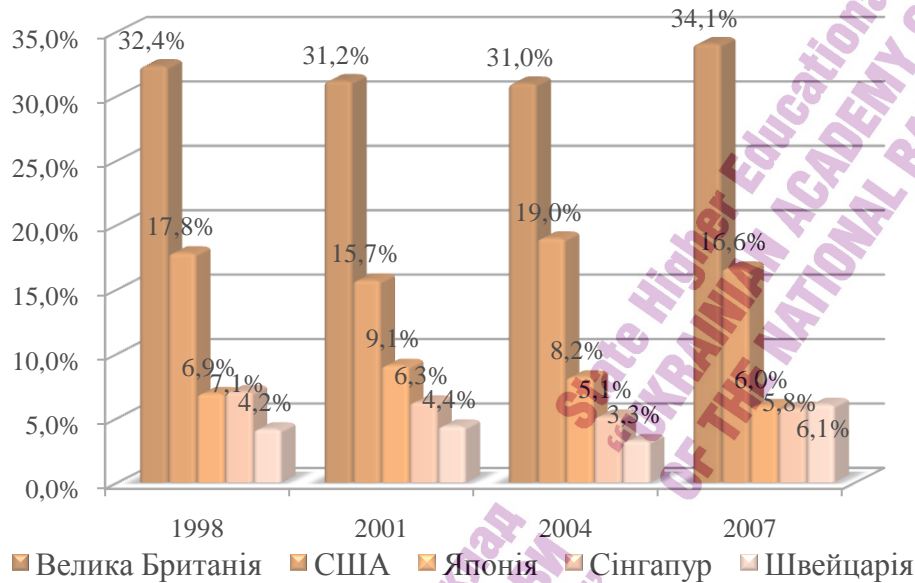


Рисунок 1.3 – Динаміка зміни ринкової долі країн-найбільших учасників ринку FOREX у денному обороті протягом 1998-2007 рр.

Об'єми торгів у розрізі основних валют за період з 2004 по 2007 рр. приведені в таблиці 1.2 [2].

Таблиця 1.2 – Денний оборот світового конверсійного ринку в розрізі основних валютних пар

Валютна пара	2001		2004		2007	
	Об'єм, трлн.	Частка, %	Об'єм, трлн.	Частка, %	Об'єм, трлн.	Частка, %
USD/EUR	354	30	503	28	840	27
USD/JPY	251	20	298	17	397	13
USD/GBP	125	11	248	14	361	12
USD/AUD	47	4	98	5	175	6
USD/CHF	57	5	78	4	143	5
USD/CAD	50	4	71	4	115	4
Інші валютні пари	289	26	498	28	1050	33
Усі валютні пари	1173	100	1794	100	3081	100

Основні показники, що характеризують кон'юнктуру конверсійного ринку, для основних валютних пар представлено в таблиці 1.3 [16].

Таблиця 1.3 – Показники ринкової кон'юнктури для основних валютних пар

Назва параметру	EUR/USD	GBP/USD	USD/CAD	USD/JPY	USD/CAD
Середнє значення маржі котирування	2,67	3,69	4,15	3,24	4,15
Середньоденна волатильність ринкової маржі	23,88	34,37	22,44	22,23	22,44
Частота коливань ринкової ціни протягом дня	2,47	2,46	2,89	2,72	2,87

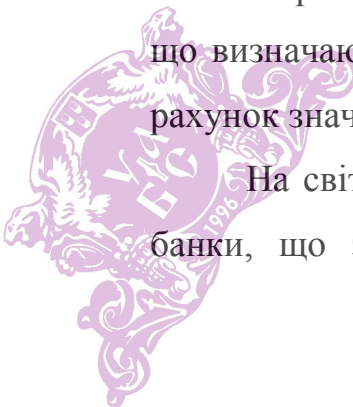
## 1.2 Основні учасники конверсійного ринку

На ринку FOREX присутня безліч продавців і покупців безготівкової валюти, які безперервно здійснюють укладання угод. Ключову роль грає інформованість ринку про поточний рівень валютного курсу. Раніше операції по обміну валют здійснювалися в основному на валютних біржах. З розвитком сучасних засобів зв'язку і телекомунікацій укладання угод може здійснюватися у дилінгових залах за допомогою технічних видів зв'язку. При цьому стало можливим укладання угод між різними фінансовими центрами, що знаходяться в різних часових поясах.

Банки і компанії, що є учасниками конверсійного ринку, діляться в залежності від їх впливу на валютні курси і процентні ставки на 2 групи:

Маркет-мейкери (market makers) – великі банки і фінансові компанії, що визначають поточний рівень валютного курсу або процентних ставок за рахунок значної долі своїх операцій в загальному об'ємі ринку.

На світових валютних ринках маркет-мейкери – це великі міжнародні банки, що здійснюють щодня валютні операції на мільярди і десятки





мільярдів доларів США, причому для кожного ринку можуть бути свої маркет-мейкери [6].

За даними euromoney.com до топ-10 найбільших маркет-мейкерів зони євро станом на 6 травня 2009 року увійшли наступні банки (таблиця 1.3) [7].

Таблиця 1.4 – Найбільші маркет-мейкери зони євро

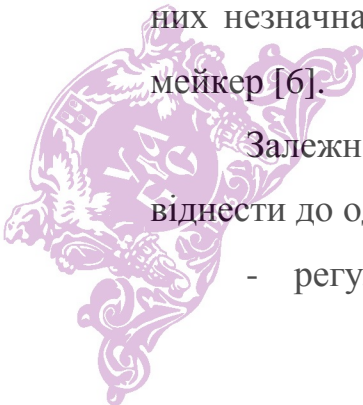
Рейтинг 2009	Рейтинг 2008	Назва банку	Ринкова частка, %
1	1	Deutsche Bank	20.96
2	2	UBS	14.58
3	3	Barclays Capital	10.45
4	5	Royal Bank of Scotland	8.19
5	4	Citi	7.32
6	6	JP Morgan	5.43
7	7	HSBC	4.09
8	9	Goldman Sachs	3.35
9	14	Credit Suisse	3.05
10	13	BNP Paribas	2.26

Маркет-мейкери встановлюють поточний рівень курсу шляхом проведення операцій один з одним і з менш великими банками, що є користувачами ринку. Таким чином, маркет-мейкери котирують ціну (make price).

Маркет-юзери (market users) – дрібні банки і фінансові компанії, що використовують для своїх операцій той курс, який для них встановлюють маркет-мейкери. Дані учасники ринку не є активними гравцями ринку, хоча сукупний об'єм їх операцій може бути досить великим, але доля кожного з них незначна. Маркет-юзери беруть ту ціну (take price), яку їм дає маркет-мейкер [6].

Залежно від ролі на конверсійному ринку його учасників можна віднести до однієї з наступних категорій:

- регулятори ринку;



- емітенти ринку;
- організатори ринку;
- оператори ринку;
- користувачі ринку (рисунок 1.4).

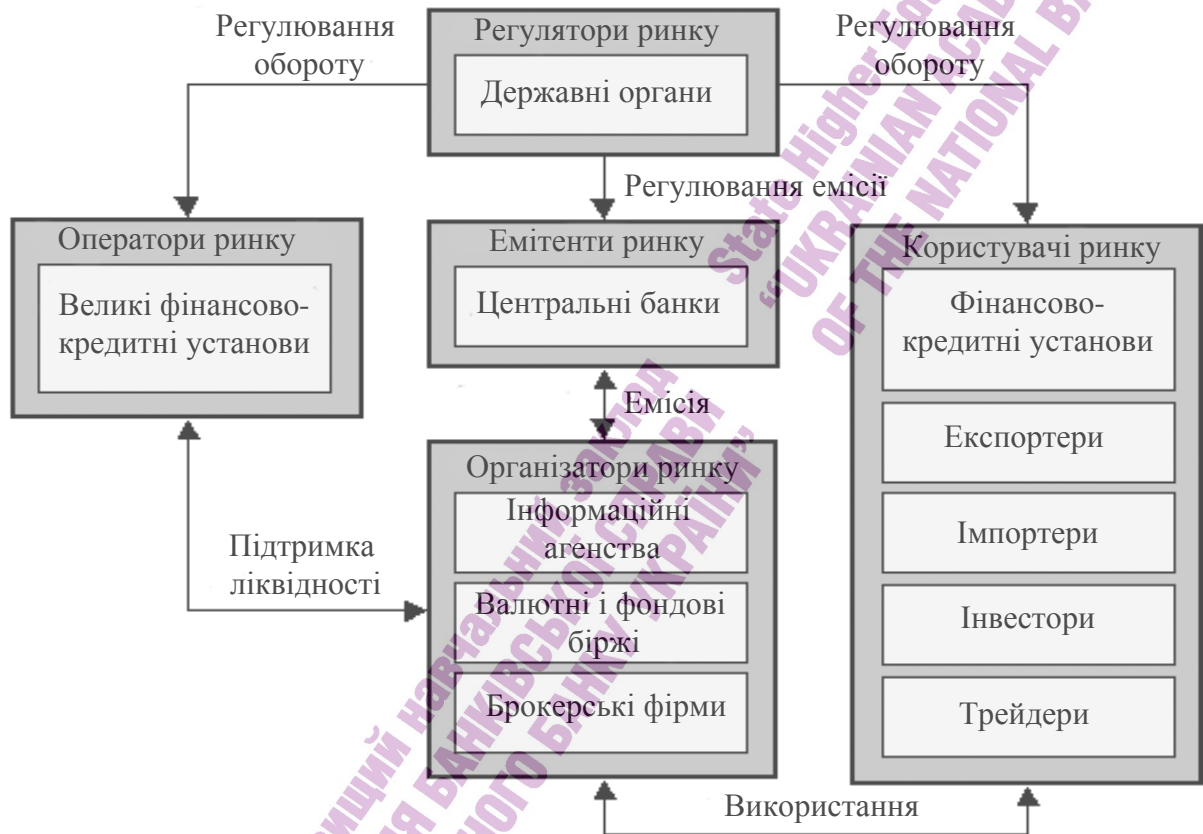


Рисунок 1.4 – Класифікація учасників ринку FOREX

Регулятори ринку – це органи державного управління, що регулюють емісію національної валюти своєї країни, а також обіг національної і іноземної валюти.

Емітентами ринку, як правило, є центральні банки. Основна мотивація роботи центральних банків – захист інтересів держави, яку вони представляють. Як правило, вони виходять на ринок не з метою одержання прибутку, а задля перевірки стійкості або корекції існуючого курсу національної валюти, оскільки останній робить значний вплив на стан економіки країни.

Організатори ринку є посередниками при здійсненні торгів, укладанні угод і організації розрахунків. Основними організаторами ринку є: інформаційні агентства, брокерські фірми і біржі.

Оператори ринку – це крупні банки і фінансові компанії, які підтримують ліквідність ринку і визначають поточну цінову політику за рахунок значної долі своїх операцій в сукупному об'ємі ринку.

Користувачі ринку – кінцеві споживачі конверсійного ринку, що здійснюють свої операції для вирішення конкретних господарських або фінансових завдань. Це перш за все експортери і імпортери, інвестори-донори, спекулянти і хеджери.

### 1.3 Теорії валютного ціноутворення

#### 1.3.1 Класифікація теорій валютного курсу

Якщо розглядати валюти як специфічний товар, то як і будь-який товар, вони мають свою ціну.

Валютний (обмінний) курс (exchange rate) – ціна одиниці національної валюти, виражена в одиницях іноземної валюти [13].

Валютні курси впливають на всі аспекти нашого життя, а не лише на фінансові ринки. Рух валютного курсу має велике значення для компаній, залучених у міжнародну торгівлю, або конкуруючих з іноземними фірмами.

Століттями економісти докладали багато зусиль, щоб пояснити рух валютного курсу, проте це не мало значних успіхів. Зрушення у технологіях, смаках, торговій політиці, зростання трудових ресурсів структурно змінюють продуктивність економіки, тим самим назавжди змінюючи обмінний курс.

Узагальнену класифікацію теорій валютного ціноутворення приведено на рисунку 1.5.

Розглянемо найбільш поширені серед даних теорій.

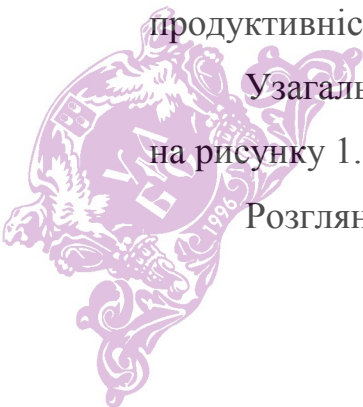




Рисунок 1.5 – Класифікація теорій валютного курсу

### 1.3.2 Теорія паритету купівельної спроможності

Точкою відліку теорії обмінного курсу є паритет купівельної спроможності (ПКС), який також називають інфляційною теорією обмінних курсів. ПКС корінням сягає Іспанії 16-го сторіччя та Англії початку 17 століття, проте шведський економіст Кассел (1918) був першим, хто назвав дану теорію ПКС [19].

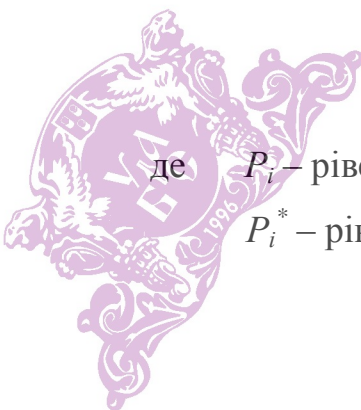
Теорія виходила з ідеї, що домінувала у ті часи, про те, що валютні курси обов'язково мають бути зв'язані з рівнем внутрішніх цін. При цьому чітко фіксувався лише факт існування такого співвідношення, з якого міг витікати як прямий вплив рівнів внутрішніх цін на валютних курси, так і зворотний вплив курсів на внутрішні ціни [13].

Згідно із законом однієї ціни, ціна одного і того ж товару має бути однаковою як всередині країни, так і за кордоном. Це можна записати як:

$$P_i = S \cdot P_i^*, \quad (1.1)$$

де  $P_i$  – рівень цін на товар  $i$  у національній валюті;

$P_i^*$  – рівень цін на товар  $i$  у іноземній валюті;





$S$  – номінальний обмінний курс, що виражає ціну в іноземній валюті у одиницях національної валюти.

Якщо ціни кожного товару будуть урівноважені між двома країнами і якщо товарні кошики та набори товарів у обох країнах однакові, тоді абсолютний ПКС встановлюється за наступною формулою:

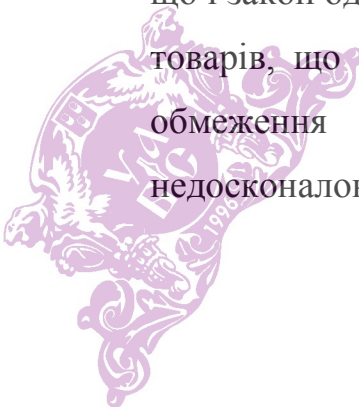
$$P = S \cdot P^* . \quad (1.2)$$

Абсолютний ПКС був першою теорією, що описувала співвідношення між цінами товарів у різних валютах.

Дана теорія потребує дуже жорстких передумов. Загалом, абсолютний ПКС встановлюється на інтегрованому конкурентному товарному ринку, де товари можуть продаватися вільно без транспортних витрат, тарифів, експортних квот, із неявним припущенням про нейтральне ставлення суспільства до ризику.

Абсолютний ПКС в основному розглядався як умова рівноваги товарного ринку. Згідно з абсолютним ПКС як національний, так і іноземних ринки об'єднані у єдиний ринок. Оскільки він не розглядав грошових ринків та платіжних балансів країн, його вважають лише теорією часткової рівноваги, а не повної [9].

Корисна сторона теорії абсолютного ПКС полягає в тому, що вона чітко вказує спосіб зміцнення курсу національної валюти – зниження внутрішньої інфляції і зміцнення купівельної спроможності національної валюти усередині країни. Проте в своєму початковому вигляді теорія абсолютного ПКС не знайшла практичного застосування по тих же причинах, що і закон однієї ціни: важко скласти споживчі кошики абсолютно однакових товарів, що продаються у різних країнах; транспортні витрати і державні обмеження на торгівлю роблять конкуренцію на світовому ринку недосконалою; існує безліч товарів, що не торгуються, ціна яких впливає на



рівень внутрішніх цін, але які ніколи не потрапляють у міжнародний оборот [13].

Більше практичне значення теорія ПКС має в своєму відносному вираженні. Її ідея полягає у тому, що повинні зіставлятися не абсолютні рівні цін в двох країнах, а їх відносні величини – зміна протягом часу.

Валютний курс на основі теорії відносного ПКС виражається наступною формулою:

$$S_1 = S_0 \cdot \frac{P_1 / P_0}{P_1^* / P_0^*}, \quad (1.3)$$

де  $S_1$  – номінальний валютний курс в поточному році;

$S_0$  – номінальний валютний курс в базовому році;

$P_1$  – рівень внутрішніх цін в поточному році;

$P_0$  – рівень внутрішніх цін у базовому році;

$P_1^*$  – рівень цін за кордоном в поточному році;

$P_0^*$  – рівень цін за кордоном в базовому році.

Як видно з формули, для розрахунку валютного курсу відповідно до теорії відносного ПКС необхідно знати абсолютне значення рівноважного валютного курсу в деякому році, обраному за базовий, і індекси цін для обох країн. В ідеалі за рівноважний курс базового року повинен прийматися курс того часового періоду, у якому він був стабільний або дуже близький до значення своїх ковзних середніх. У якості індексів використовується зазвичай індекс споживчих цін, індекс оптових цін або дефлятор ВВП, кожен з яких вимірює відносну зміну цін поточного року в порівнянні з базовим.

Фактично прогнозування валютного курсу на базі теорії відносного ПКС означає екстраполяцію поточного курсу на майбутній період на базі співвідношення темпів інфляції в двох країнах.

Розрахуємо реальний валютний курс за формулою:



$$E = S \cdot \frac{P}{P^*}, \quad (1.4)$$

де  $E$  – реальний валютний курс.

Виходячи з того, що реальний валютний курс – це номінальний курс, скорегований на зміну рівня внутрішніх цін та цін за кордоном, можемо побачити, що ціновий коефіцієнт формули відносного ПКС (1.3) є по суті зворотним ціновому коефіцієнту у формулі реального валютного курсу (1.4). З цього виходить, що теорія ПКС спрацьовує, якщо реальний валютний курс не міняється протягом часу. Якщо внутрішній темп інфляції вищий, ніж за кордоном, то прогнозований на основі відносного ПКС валютний курс в поточному році буде нижчий, ніж в базовому році.

### 1.3.3 Теорія паритету відсоткових ставок

Ще за часів золотого стандарту розробники монетарної теорії виявили, що на обмінний курс впливають зміни у монетарній політиці. Зростання вітчизняної відсоткової ставки завжди супроводжувалося підвищенням курсу національної валюти, а зниження – зниженням курсу вітчизняної валюти. Це означає, що ціни на капітал впливають на зміну валютного курсу [9].

Паритет відсоткових ставок (interest rate parity) – такий рівень процентних ставок усередині країни і за кордоном, при якому рівні за розміром депозити в кожній з них дають однаковий дохід при переведенні в одну валюту [13].

Умова паритету відсоткових ставок (ПВС) була розроблена Кейнсом (1923) для об'єднання відсоткових ставок, обмінного курсу та інфляції. Теорія також представлена у двох формах: покритий паритет відсоткових ставок (ППВС) та непокритий паритет відсоткових ставок (НПВС). ППВС відображає взаємовідношення обмінних курсів ринку спот та форвардного ринку із відсотковими ставками за облігаціями для обох економік. НПВС

описує співвідношення поточного та очікуваного обмінного курсу і номінальної відсоткової ставки за облігаціями у обох економіках.

### 1. Покритий паритет відсоткових ставок

Введемо умовні позначення:

$i_t$  – номінальна відсоткова ставка в середині в момент часу  $t$ ;

$i_t^*$  – номінальна відсоткова ставка за кордоном в момент часу  $t$ ;

$S_t$  – обмінний курс спот (поточний);

$S_{t+1}$  – форвардний обмінний курс в момент часу  $t+1$ .

Вкладення однієї грошової одиниці вітчизняної валюти принесе інвестору прибуток у розмірі  $i_t$  в момент часу  $t+1$ , а сума вкладу разом із відсотками в момент часу  $t+1$  складе  $1+i_t$ . Якщо інвестор обміняє одиницю вітчизняної валюти на валюту зарубіжної країни, а потім вкляде під відсоткову ставку  $i_t^*$ , сума його вкладу та відсотків в одиницях зарубіжної валюти складе  $(1+i_t^*)/S_t$ . Однак, оскільки форвардна обмінна ставка дорівнює  $S_{t+1}$ , то сума вкладу та відсотків у одиницях національної валюти дорівнюватиме  $(1+i_t^*)S_{t+1}/S_t$ . На ринку досконалої конкуренції загально визнаним є те, що імовірність розриву між процентним доходом у вітчизняній та іноземній валюті залишається досить малою для будь-якого проміжку часу. Іншими словами, дохід від вкладень у національній валюті у даній країні повинен бути еквівалентним доходу від вкладень у іноземній валюті за кордоном. Це співвідношення можна виразити за допомогою умови покритого паритету відсоткових ставок:

$$1 + i_t = \frac{(1 + i_t^*) \cdot S_{t+1}}{S_t} \quad (1.5)$$

або

$$\frac{1 + i_t}{1 + i_t^*} = \frac{S_{t+1}}{S_t} \quad (1.6)$$





Якщо відняти 1 від лівої і правої частин, можна отримати рівняння:

$$\frac{i_t - i_t^*}{1 + i_t^*} = \frac{S_{t+1} - S_t}{S_t} \quad (1.7)$$

або

$$i_t - i_t^* = \frac{S_{t+1} - S_t}{S_t} + \frac{S_{t+1} - S_t}{S_t} \cdot i_t^* \quad (1.8)$$

Оскільки величина  $\frac{S_{t+1} - S_t}{S_t} \cdot i_t^*$  досить мала, то нею можна знехтувати і

записати наступним чином:

$$i_t = \frac{S_{t+1} - S_t}{S_t} + i_t^* \quad (1.9)$$

Дана формула показує, що відсоткова ставка всередині країни повинна бути вищою, ніж за кордоном на суму, що дорівнює відносній зміні валютного курсу протягом періоду часу від  $t$  до  $t+1$ .

## 2. Непокритий паритет відсоткових ставок (НПВС)

Виходячи із концепції раціональних очікувань, на форвардний обмінний курс істотно впливають ринкові очікування майбутнього обмінного курсу при врахуванні нової інформації. Вважаючи, що форвардний обмінний курс може бути замінений на очікуваний обмінний курс  $E(S_{t+1})$ , умова НПВС може бути записана наступним чином:

$$\frac{1 + i_t}{1 + i_t^*} = \frac{E(S_{t+1})}{S_t} \quad (1.10)$$

Це уточнена форма НПВС. (1.10) виходить з умови, що інвестори є нейтральними до ризику. Це означає, що агентам байдуже щодо того, чи



вкладення мають повністю гарантовану віддачу, чи є можливість сподіватися як на більш високу так і на більш низьку віддачу. Інакше кажучи, вони пов'язані лише середнім рівнем віддачі.

Аналогічно до (1.7) одержимо:

$$\frac{i_t - i_t^*}{1 + i_t^*} = \frac{E(S_{t+1}) - S_t}{S_t}. \quad (1.11)$$

Ігноруючи досить малі величини, одержимо формулу непокритого паритету відсоткових ставок:

$$i_t = i_t^* + \Delta s_t^e, \quad (1.12)$$

$$\Delta s_t^e = \frac{E(S_{t+1}) - S_t}{S_t}, \quad (1.13)$$

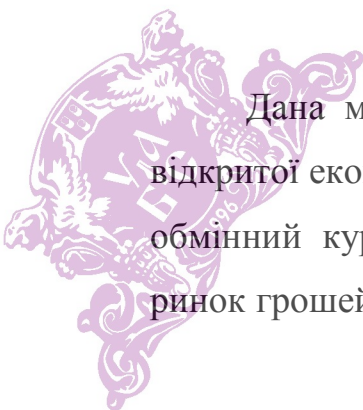
де  $\Delta s_t^e$  – очікуваний рівень зростання курсу іноземної валюти.

Формула (1.12) стверджує, що внутрішній рівень відсоткових ставок повинен бути вищим, ніж за кордоном, на величину, що дорівнює очікуваному рівню зростання курсу іноземної валюти.

Аналогічно як із ПКС, покритий та непокритий ПВС виходять із припущення про відсутність трансакційних бар'єрів, повністю конкурентний ринок капіталів і відсутність можливості арбітражу за умов рівноваги. Очевидно, що цей вид рівноваги також є частковим, оскільки тільки ринок капіталу є урівноваженим.

#### 1.3.4 Модель Мандела-Флемінга

Дана модель розроблена як розширення моделі IS-LM для випадку відкритої економіки і забезпечує розуміння того, яким чином встановлюється обмінний курс. Модель IS-LM розглядає наступні ринки: ринок товарів, ринок грошей та ринок капіталу, і в основному використовується для аналізу



впливів монетарної та фіскальної політик. Коли на товарному ринку відсутня рівновага в умовах повної зайнятості, це показує, яким чином може бути застосована фіскальна та монетарна політика, щоб привести економіку до нового стану рівноваги в умовах повної зайнятості. Оскільки тільки два із трьох ринків є незалежними, модель IS-LM лише встановлює зв'язок між грошовим ринком і ринком товарів. В моделі Мандела-Флемінга баланс міжнародних платежів розглядається як додаткова умова рівноваги, крім рівноваги грошового і товарного ринків [9].

Рівновага товарного ринку описується кривою IS:

$$\begin{aligned}
 Y &= C + I + G + X - M, \\
 C &= C(Y - T), \\
 I &= I(i, Y), \\
 X &= X(Y^*, E), \\
 M &= M(Y, E),
 \end{aligned}
 \tag{1.14}$$

де  $Y$  – національний дохід країни;

$Y^*$  – національний дохід зарубіжної країни;

$C$  – споживання, яке є зростаючою функцією від національного доходу після сплати податків;

$T$  – податки;

$I$  – інвестиції, що є спадаючою функцією від номінальної відсоткової ставки і зростаючою функцією від національного доходу;

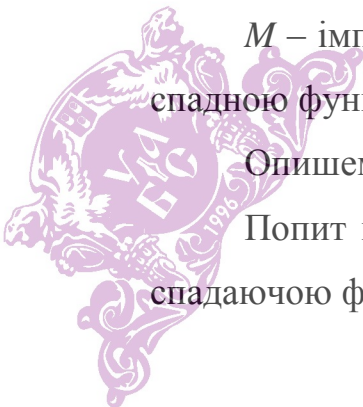
$G$  – державні витрати;

$X$  – експорт, що є зростаючою функцією національного доходу закордонної країни та реального обмінного курсу;

$M$  – імпорт, є зростаючою функцією від національного доходу країни і спадаючою функцією від реального обмінного курсу.

Опишемо рівновагу грошового ринку за допомогою кривої LM.

Попит на гроші є зростаючою функцією від національного доходу та спадаючою функцією від відсоткової ставки:



$$\frac{M^d}{P} = L(Y, i), \quad (1.15)$$

де  $M^d$  – попит на гроші.

Зовнішня рівновага визначається через рівновагу платіжного балансу  
BP:

$$BP = CA + KA = 0, \quad (1.16)$$

$$CA = PX - SP^*M, \quad (1.17)$$

$$KA = K(i - i^* - \Delta s^e), \quad (1.18)$$

де  $CA$  – рахунок поточних операцій платіжного балансу;

$KA$  – рахунок руху капіталу в платіжному балансі.

Фактично, платіжний баланс складається із рахунку поточних операцій, рахунку руху капіталу і рахунку державних резервів, проте останній в даній моделі не розглядається.

Однією із найбільш важливих проблем, які вирішує модель, є так звана трилема, яка стверджує, що абсолютна мобільність капіталу, незалежність монетарної політики та режим фіксованого обмінного курсу не можуть бути досягнутими одночасно. Але такий висновок справедливий для невеликої країни і не обов'язково підтвердиться для відносно більшої економіки. Модель також передбачає, що обмінний курс повністю корелює із пропозицією грошей у довгостроковому періоді, і тому монетарна політика може відігравати лише незначну роль. Іншим важливим висновком є те, що девальвація може призвести до майбутньої девальвації, якщо фіскальна політика, інфляція та платіжний баланс погано управляються або якщо ринок капіталу створює самозростаючі бульбашки. Вкінці кінців, вплив девальвації на уточнення рахунку поточних операцій може бути пом'якшеним, якщо економіка сильно залежить від реекспорту переробної промисловості [9].





### 1.3.5 Модель Баласа-Самуельсона

Стандартну версію моделі Баласа-Самуельсона можна розглянути із використанням однофакторної виробничої функції. Припустимо, що виробнича функція товарів, що торгуються ( $T$ ) та тих, що не торгуються ( $N$ ) має наступну форму:

$$Y_T = A_T L_T, \quad (1.19)$$

$$Y_N = A_N L_N, \quad (1.20)$$

$$Y_T^* = A_T^* L_T^*, \quad (1.21)$$

$$Y_N^* = A_N^* L_N^* \quad (1.22)$$

де  $A$  – константа, що відображає інтенсивність використання технологій;  
 $L$  – робоча сила.

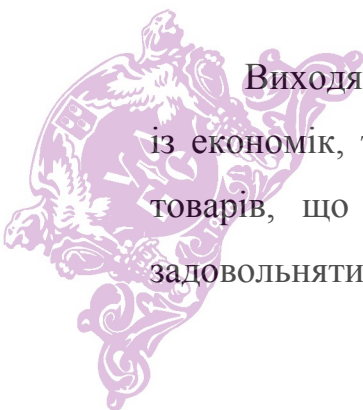
За кордоном використовується такий же тип технологій, як і всередині країни, проте відрізняється від останнього значенням технологічного параметра  $A$ .

Припустимо, що для товарів, які торгуються, діє правило однієї ціни, тоді прирівняємо світу ціну для товарів, що торгуються, до одиниці. Також зробимо припущення щодо абсолютної мобільності робочої сили між секторами кожної з економіки і нульової мобільності між економіками.

Із формули (1.19) слідує, що заробітна плата всередині країни ( $w$ ) для сектору товарів, які торгуються, повинна задовольняти наступну умову:

$$w = A_T. \quad (1.23)$$

Виходячи із припущення про повну мобільність праці всередині кожної із економік, такий же рівень заробітної плати повинен бути і для секторів товарів, що не торгуються. Ціна товарів, що не торгуються, повинна задовольняти умову:



$$p_N = \frac{w}{A_N} = \frac{A_T}{A_N}. \quad (1.24)$$

Якщо розрахувати індекс цін як середнє геометричне зважене цін товарів, що торгуються і не торгуються, то одержимо:

$$p = \phi_T^\gamma \cdot \phi_N^{1-\gamma} = 1^\gamma \cdot \left( \frac{A_T}{A_N} \right)^{1-\gamma}, \quad (1.25)$$

де  $\gamma$  – частка товарів, що торгуються в індивідуальному споживанні.

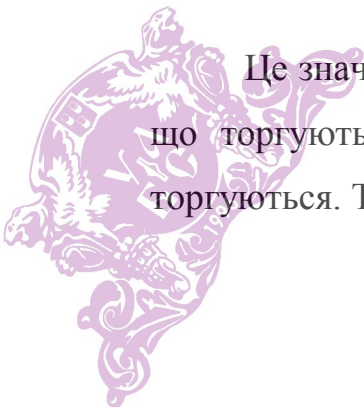
Якщо припустити, що ця частка однакова всередині країни і за кордоном, то відносний рівень цін у порівнянні із зарубіжною країною буде наступним:

$$\frac{P}{P^*} = \left( \frac{A_T/A_N}{A_T^*/A_N^*} \right)^{1-\gamma}. \quad (1.26)$$

В реальному житті технологічні параметри не можливо точно визначити і тому вони часто наближено прирівнюються до ВВП (GDP). Якщо всі припущення моделі враховано, то таке наближення має сенс. Це можна побачити, якщо виразити номінальний ВВП на одного працівника (наприклад, ВВП в одиницях товарів, що торгуються, поділений на кількість зайнятих працівників):

$$GDP_{nom} = A_T \frac{L_T}{L_T + L_N} + p_N A_N \frac{L_N}{L_T + L_N} = A_T. \quad (1.27)$$

Це значить, що номінальний ВВП, виражений у світових цінах товарів, що торгуються, точно відображає продуктивність у секторі товарів, що торгуються. Тоді (1.26) можна записати наступним чином:



$$\frac{P}{P^*} = \left( \frac{GDP_{nom}}{GDP_{nom}^*} \right)^{1-\gamma} \cdot \left( \frac{A_N^*}{A_N} \right)^{1-\gamma}. \quad (1.28)$$

Із даного виразу слідує, що відносний рівень цін прямо залежить від рівня номінального ВВП всередині країни та за кордоном із рівнем еластичності  $1-\gamma$ , що відображає частку товарів, що не торгуються, у структурі ВВП. Маючи рівень продуктивності всередині країни та за кордоном, чим більшим є зростання рівня номінального ВВП всередині країни, ніж за кордоном, тим більше це вплине на зростання реального валютного курсу. З іншого боку, якщо відомий рівень економічного зростання, то чим більшою є продуктивність у секторів товарів, що не торгуються, всередині країни, ніж за кордоном, тим більше це вплине на зниження реального обмінного курсу [9].

#### 1.4 Організація валютного дилінгу в комерційному банку

Підрозділи валютного дилінгу комерційного банку або фінансової компанії займаються управлінням активами шляхом проведення поточних конверсійних і депозитно-кредитних операцій на міжбанківському ринку. Метою даних операцій є регулювання структури балансу (клієнтські операції) і одержання прибутку (арбітражні або торгові операції) [6].

Керівництво банку, здійснюючи стратегічне управління фінансовими ресурсами банку, надає частину цих ресурсів своїм фахівцям для оперативного управління з метою здобуття прибутку або підтримки короткострокової ліквідності банку. Співробітники банку, що укладають операції від імені і за рахунок банку на міжбанківському і біржовому ринку називаються уповноваженими трейдерами. Їх повноваження на укладання операцій контрагенти підтверджують відповідними дорученнями. Штат уповноважених трейдерів великих комерційних банків може досягати декількох сотень чоловік.

Підрозділи банку що беруть участь в здійсненні дилінгових операцій та їх функції наведено в таблиці 1.5.

Таблиця 1.5 – Структурні підрозділи банку, що беруть участь у здійсненні дилінгових операцій

Назва підрозділу	Функціональні обов'язки
Фронт-офіс (front-office)	Безпосередньо бере участь в торгах і укладанні угод на ринку.
Мідл-офіс (middle-office)	Здійснює стратегічне управління фінансовими ресурсами, відповідає за повноту реєстрації укладених угод, займається супроводом операцій, укладених підрозділами фронт-офісу, стежить за тим, щоб трейдери не виходили за межі розумного ризику. Також веде індивідуальний контроль прибутків і збитків кожного трейдера, стежить за правильністю розрахунку ціни операцій.
Бек-офіс (back-office)	Здійснює розрахунки по укладеним договорам, веде їх облік, контролює діяльність інших підрозділів банку.

Класичний дилінговий зал комерційного банку – це приміщення, обладнане спеціальною технікою і призначене для швидкого укладання угод, – телефонами, інформаційною і дилінговою апаратурою, комп'ютерами, факсами і т. д., а також спеціальними меблями – дворівневими столами з розміщеними в них моніторами, динаміками селекторного зв'язку, панеллю кнопок зв'язку і окремими телефонними трубками [6].

Засоби ведення переговорів і укладання угод визначаються попередньою угодою учасників операції.

Типове робоче місце співробітника підрозділу фронт-офісу обладнане спеціально налаштованим персональним комп'ютером, зазвичай оснащеним двома або більше моніторами (рисунок 1.6). Комп'ютер забезпечений засобами для проведення дилінгових операцій, а саме, програмним і апаратним забезпеченням, що дозволяє трейдерові укласти угоди за



допомогою телексного зв'язку. Такий комп'ютер називається торгівельною станцією (Traderstation). Він також оснащений спеціальною клавіатурою, за допомогою якої відбувається управління сеансом переговорів і введення текстової інформації.

Робоче місце трейдера передбачає наявність принтера, на який виводиться інформація про укладені угоди і протоколи телексних переговорів, і факсу для обміну підтверджуючими документами з контрагентами.

Крім цього, робоче місце трейдера оснащено системою багатоканального телефонного зв'язку, за допомогою якої трейдери укладають угоди з іншими фінансово-кредитними установами, обслуговують корпоративних клієнтів, взаємодіють один з одним.

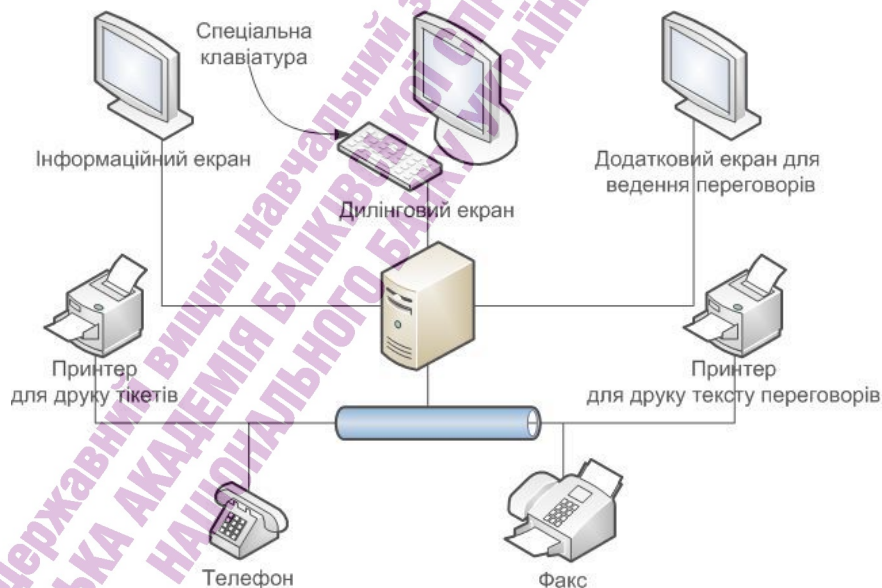


Рисунок 1.6 – Схематичне зображення робочого місця трейдера

Структура дилінгового залу багато в чому відображає структуру самого конверсійного ринку, хоча на практиці кожен банк має свої особливості.

Дилінговий зал банку розподілений на сектори, які взаємодіють один з одним через комп'ютерні мережі, системи внутрішнього зв'язку і інші засоби, що забезпечують достатню інформованість всіх учасників. Зазвичай зал підпорядковується директоріві казначейства.

Як правило, в дилінговому залі є наступні спеціалізовані ділянки:

- ділянка операцій спот;
- ділянка форвардних операцій;
- ділянка депозитно-кредитних операцій;
- ділянка по роботі з дериватами;
- ділянка обслуговування корпоративних клієнтів.

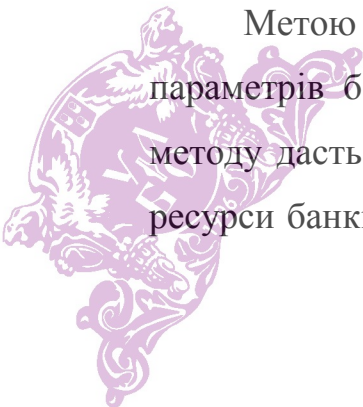
Загальну відповідальність за діяльність дилінгового залу і дії трейдерів несе директор казначейства. Саме він приймає рішення щодо стратегії дилінгу, ринків і фінансових продуктів, якими повинні оперувати трейдери. Не менш важливим завданням є розподіл фінансових лімітів і сфер контролю між групами трейдерів.

Директор казначейства повинен забезпечити одержання прибутку для банку, тому для трейдерів і встановлюються фінансові ліміти. Він знаходиться в постійному робочому контакті з трейдерами, контролює їх дії на ринку, позиції, прибутки і збитки.

### 1.5 Постановка задачі дослідження

Правильна організація роботи фронт-офісу та вибір оптимальної стратегії торгівлі – це основна проблема, з якою сьогодні зустрічаються усі учасники конверсійного ринку. Оскільки торгівля валютою нерозривно пов'язана з ризиками, викликаними коливаннями ринку, то досить важливо дослідити характер впливу зміни ринкових параметрів на показники роботи фронт-офісу і виявити оптимальну стратегію торгівлі в залежності від різних кон'юктурних станів.

Метою даної дипломної роботи є розробка методу оцінки оптимальних параметрів бізнес-процесів дилінгової служби банку. Застосування даного методу дасть можливість ефективно використовувати матеріальні і людські ресурси банківської установи, зробити процес організації валютного дилінгу



більш прозорим і встановити причинно-наслідкові зв'язки між обраною стратегією торгівлі і очікуваним результатом.

Об'єктом дослідження виступають бізнес-процеси, якими характеризується робота дилінгової служби комерційного банку.

Предметом дослідження є характер взаємозв'язків між параметрами роботи дилінгової служби банку і факторами конверсійного ринку.

Відповідно до поставленої мети основними задачами дослідження є наступні:

- вивчення структури і особливостей роботи конверсійного ринку;
- вивчення існуючих методів опису конверсійного ринку;
- вивчення основних бізнес-процесів дилінгової служби банку;
- розробка математичної моделі роботи фронт-офісу;
- перевірка адекватності математичної моделі;
- дослідження об'єкта за допомогою розробленої моделі;
- знаходження умов оптимізації бізнес-процесів фронт-офісу;
- розробка методики проектувальних розрахунків;
- розробка рекомендацій щодо оптимізації роботи дилінгової служби

банку.



## 2 МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ БІЗНЕС-ПРОЦЕСІВ ДИЛІНГОВОЇ СЛУЖИ БАНКУ

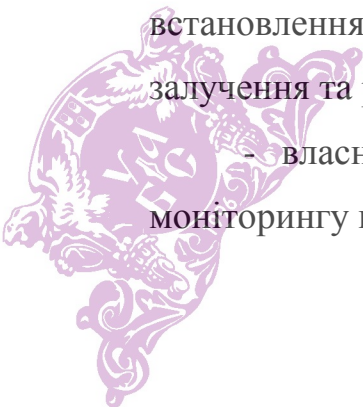
### 2.1 Аналіз основних бізнес-процесів дилінгової служби банку

Якщо за кордоном метою проведення дилінгових операцій банків є перш за все одержання прибутку, то в Україні операції з валютою головним чином використовуються для управління короткостроковою ліквідністю. Вони не мають спекулятивного характеру і в основному вони направлені на забезпечення поточних потреб клієнтів.

Укладання угод на міжбанківському ринку відбувається в рамках спеціальної двосторонньої угоди між банками, яка урегулює основні моменти взаємодії сторін, – генеральної угоди.

Основними нормативними документами, що регулюють діяльність українських банків на міжбанківському ринку є наступні:

- Закон України «Про банки і банківську діяльність»;
- План рахунків бухгалтерського обліку банків України та Інструкція про застосування Плану рахунків бухгалтерського обліку банків України, затверджених постановою Правління НБУ від 17.06.2004 № 280;
- Положення про порядок формування та використання резерву для відшкодування можливих втрат за кредитними операціями банків, затвердженого Постановою Правління НБУ від 06.07.2000 № 279;
- Положення про здійснення банками фінансового моніторингу, затвердженого постановою Правління НБУ від 14.05.2003 № 189;
- власні нормативні документи банку, що регулюють порядок встановлення та контролю дотримання лімітів на банки-контрагенти, залучення та розміщення кредитів та депозитів на міжбанківському ринку;
- власні нормативні документи банку щодо внутрішнього фінансового моніторингу при проведенні кредитних/депозитних операцій.





Оскільки в залежності від величини банківської установи дилінгова служба може мати різну структуру і назви посад можуть відрізнятися для різних банків, розглянемо основні бізнес-процеси, якими характеризується робота дилінгової служби, що складається із таких структурних підрозділів, як фронт-офіс і бек-офіс.

Розглянемо бізнес-логіку роботи дилінгової служби банку на прикладі процесу укладання конверсійних угод. Формалізований опис основних бізнес-процесів виконаємо за допомогою діаграм, розроблених на основі методології IDEF0 (Integrated DEFinition) [14, 23].

На діаграмах, поданих нижче, прямокутниками позначено дію чи процес, а різні види стрілки мають наступне призначення(див. рисунок 2.1):

- Входи (Inputs) є потоком «матеріалів», що трансформуються під впливом дії чи процесу (деревина, документи, плани та ін.);
- Управління (Controls) впливають або безпосередньо керують процесом (стандарти, вимоги покупців, плани проектів);
- Механізми (Mechanisms) ініціюють виконання процесу (люди, інструменти, машини);
- Виходи (Outputs) є результатом дії або процесу, що передаються до іншої дії або процесу (дерева, яні дошки, кінцеві плани та ін.) [15].

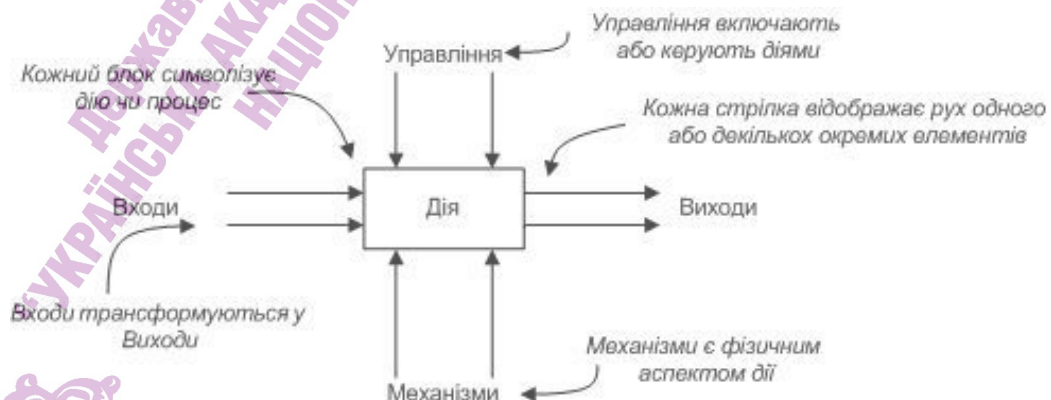


Рисунок 2.1– Види зв'язків діаграми IDEF0



Контекстна діаграма, що відображає бізнес-логіку процесу купівлі/продажу іноземної валюти представлена на рисунку 2.2.

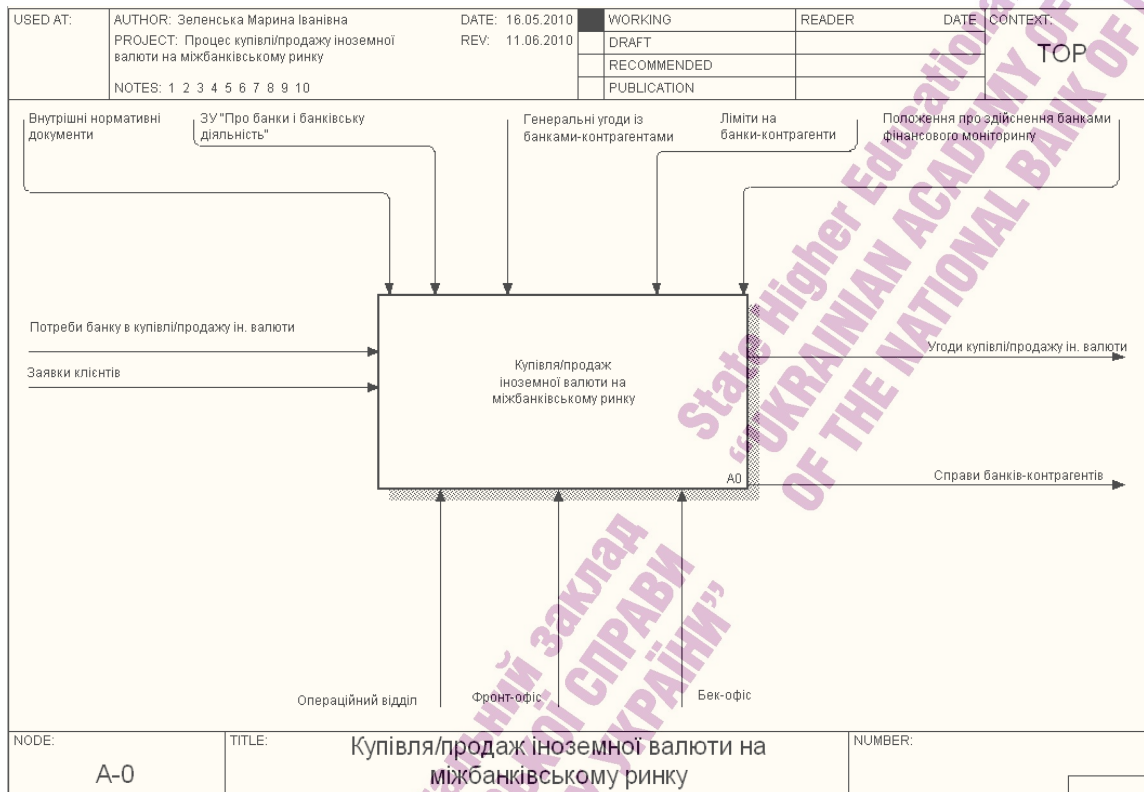


Рисунок 2.2 – Контекстна діаграма процесу Купівля/продаж іноземної валюти на міжбанківському ринку

Таблиця 2.1– Опис основних елементів контекстної діаграми

Назва стрілки	Опис	Тип
1	2	3
Потреби банку в купівлі/продажу ін. валюти	Сума іноземної валюти, яку банк має намір купити чи продати на міжбанківському ринку.	Input
Заявки клієнтів	Сума іноземної валюти, яку клієнти банку мають намір купити або продати.	Input
ЗУ «Про банки і банківську діяльність»	Нормативний документ.	Control
Ліміти на банки-контрагенти	Обмеження щодо об'ємів операцій із банками-контрагентами.	Control

Продовження таблиці 2.1

1	2	3
Генеральні угоди з банками-контрагентами	Угоди щодо умов торгівлі із банками-контрагентами на міжбанківському ринку.	Control
Положення про здійснення банками фінансового моніторингу	Нормативний документ.	Control
Внутрішні нормативні документи	Нормативний документ.	Control
Справа банків-контрагентів	Набір документів, пов'язаних із операціями, які велися із відповідним контрагентом.	Output
Угоди купівлі/продажу ін. валюти	Угоди, укладені із банками-контрагентами щодо купівлі/продажу іноземної валюти.	Output
Фронт-офіс	Підрозділ, що здійснює укладання угод.	Mechanism
Бек-офіс	Підрозділ, що здійснює реєстрацію і супровід укладених угод.	Mechanism
Операційний відділ	Підрозділ, що здійснює прийняття і обробку заявок клієнтів.	Mechanism

Декомпозицію контекстної діаграми приведено на рисунках 2.3-2.10.



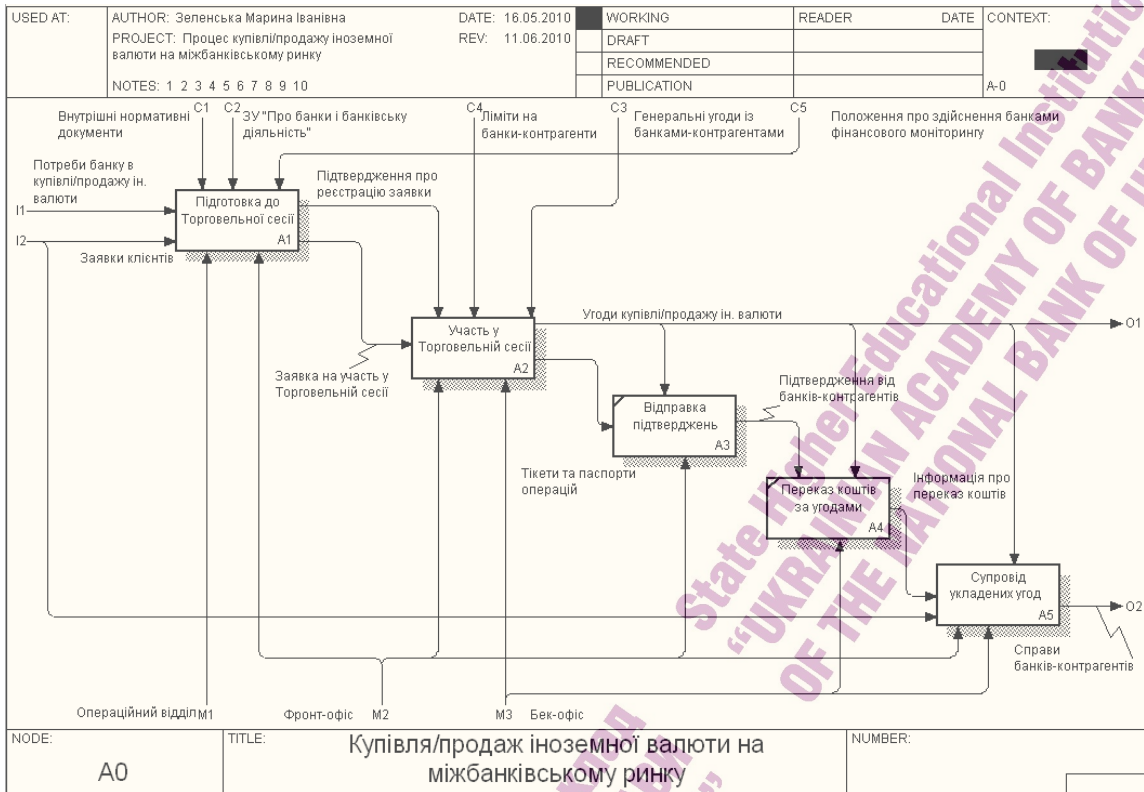


Рисунок 2.3 – Декомпозиція бізнес-процесу «Купівля/продаж іноземної валюти на міжбанківському ринку»

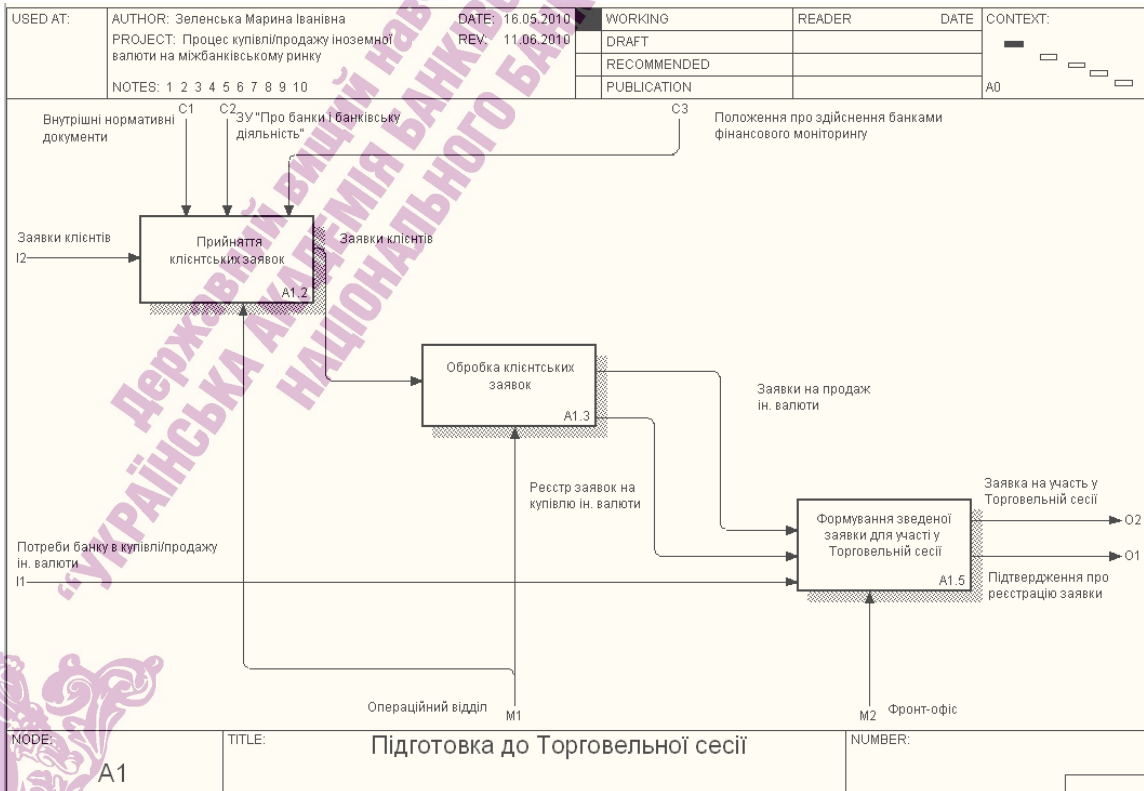
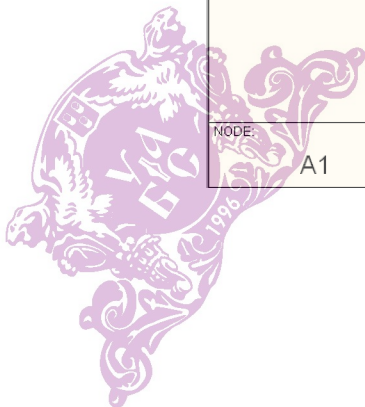


Рисунок 2.4 – Декомпозиція бізнес-процесу «Підготовка до Торговельної сесії»





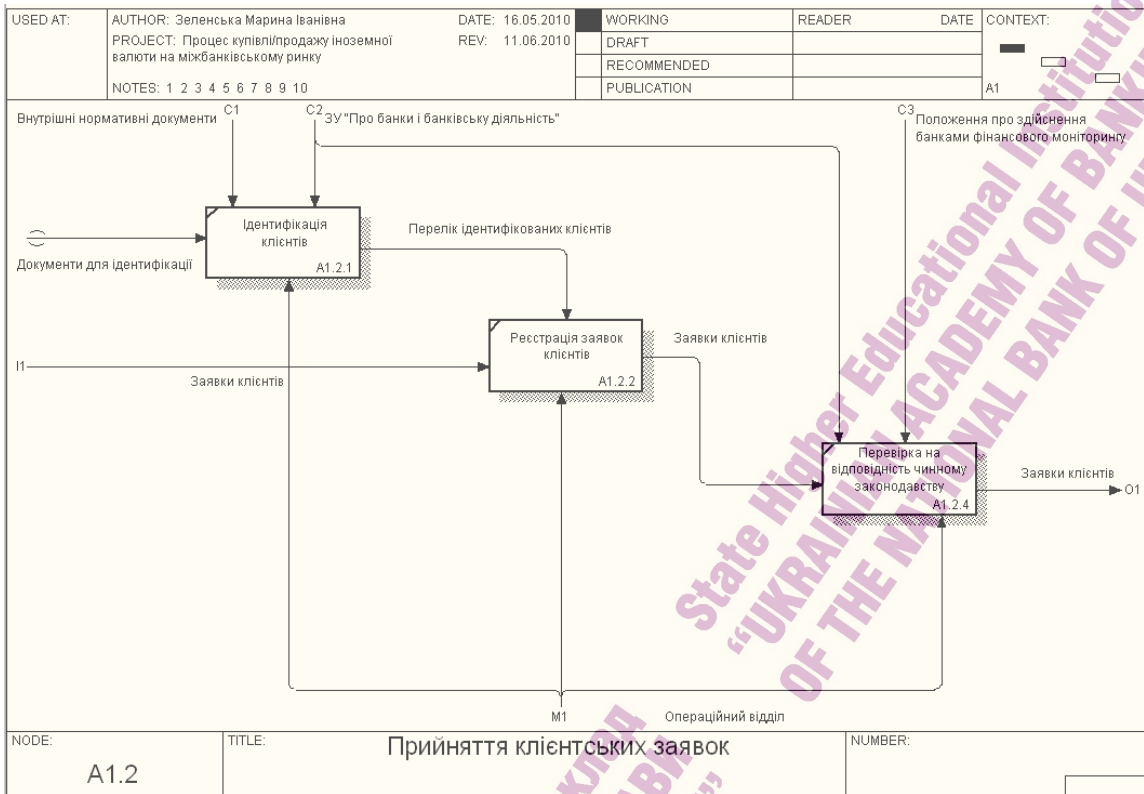


Рисунок 2.5 – Декомпозиція бізнес-процесу  
«Прийняття клієнтських заявок»

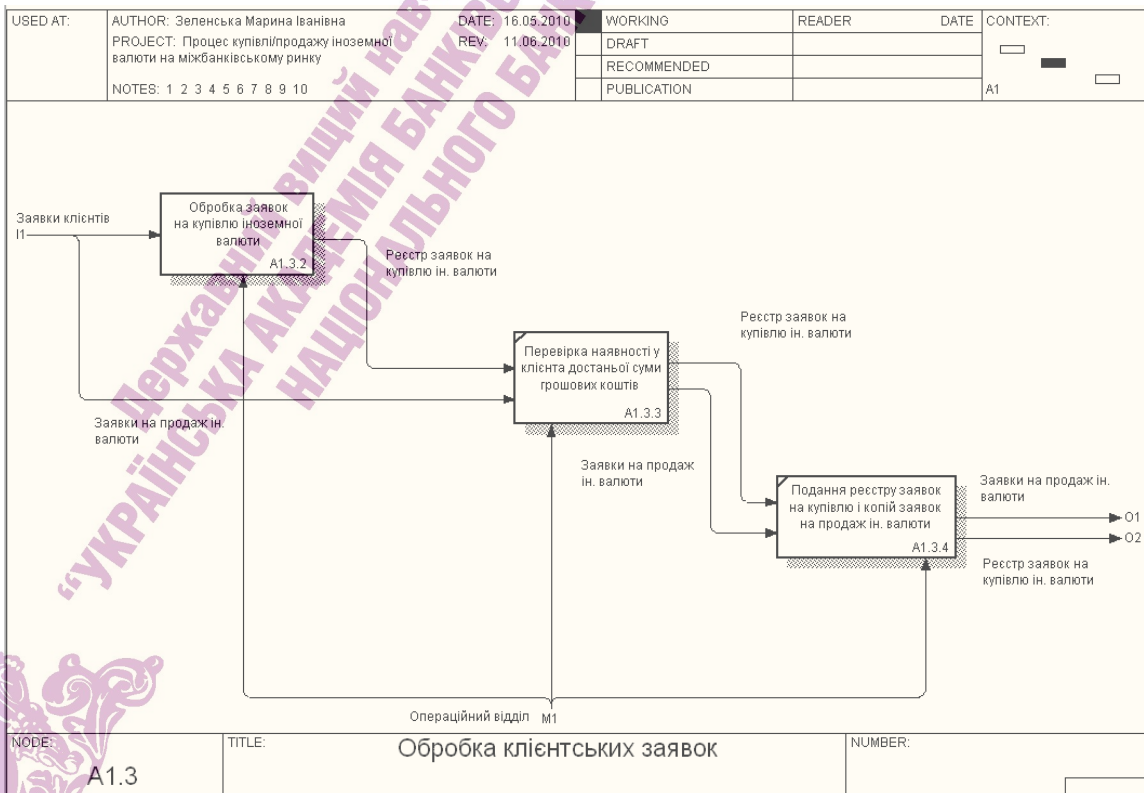
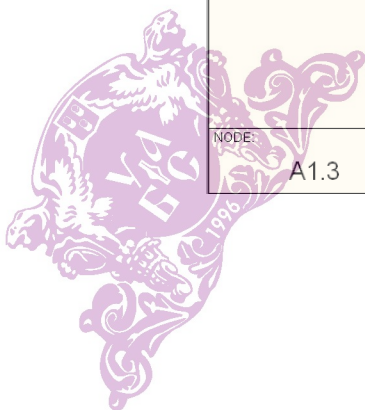


Рисунок 2.6 – Декомпозиція бізнес-процесу  
«Обробка клієнтських заявок»



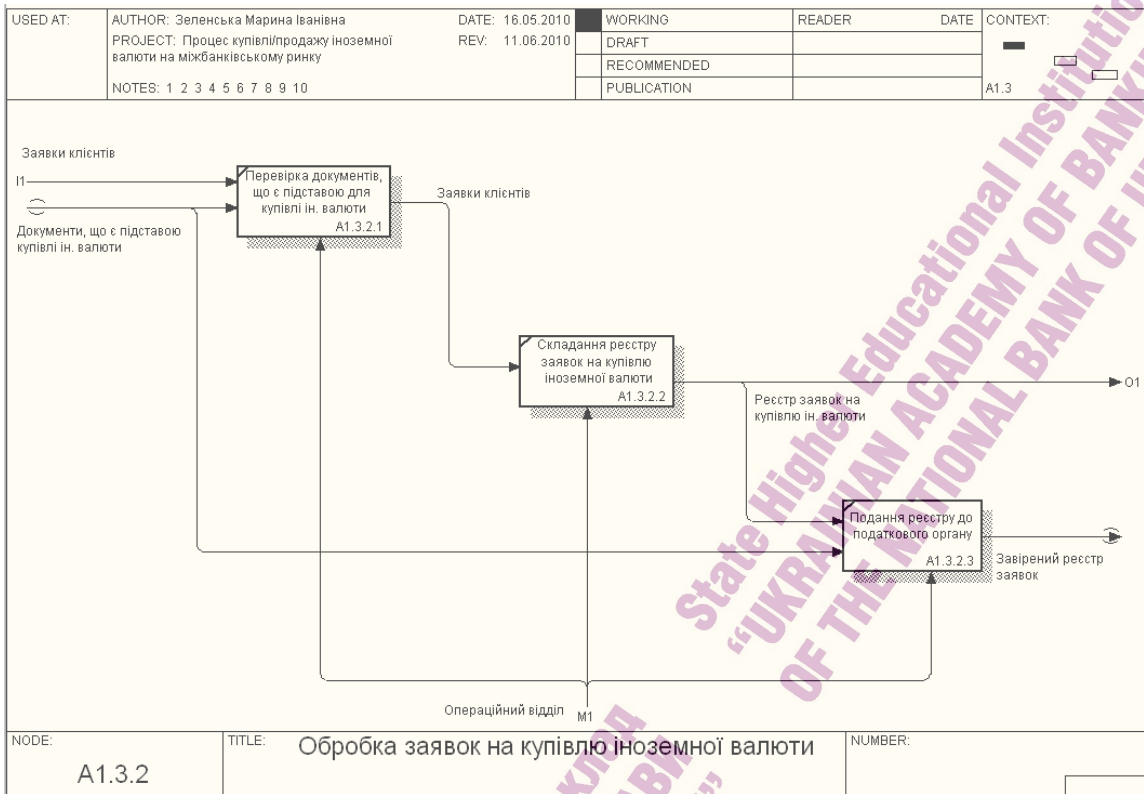


Рисунок 2.7 – Декомпозиція бізнес-процесу «Обробка заявок на купівлю іноземної валюти»

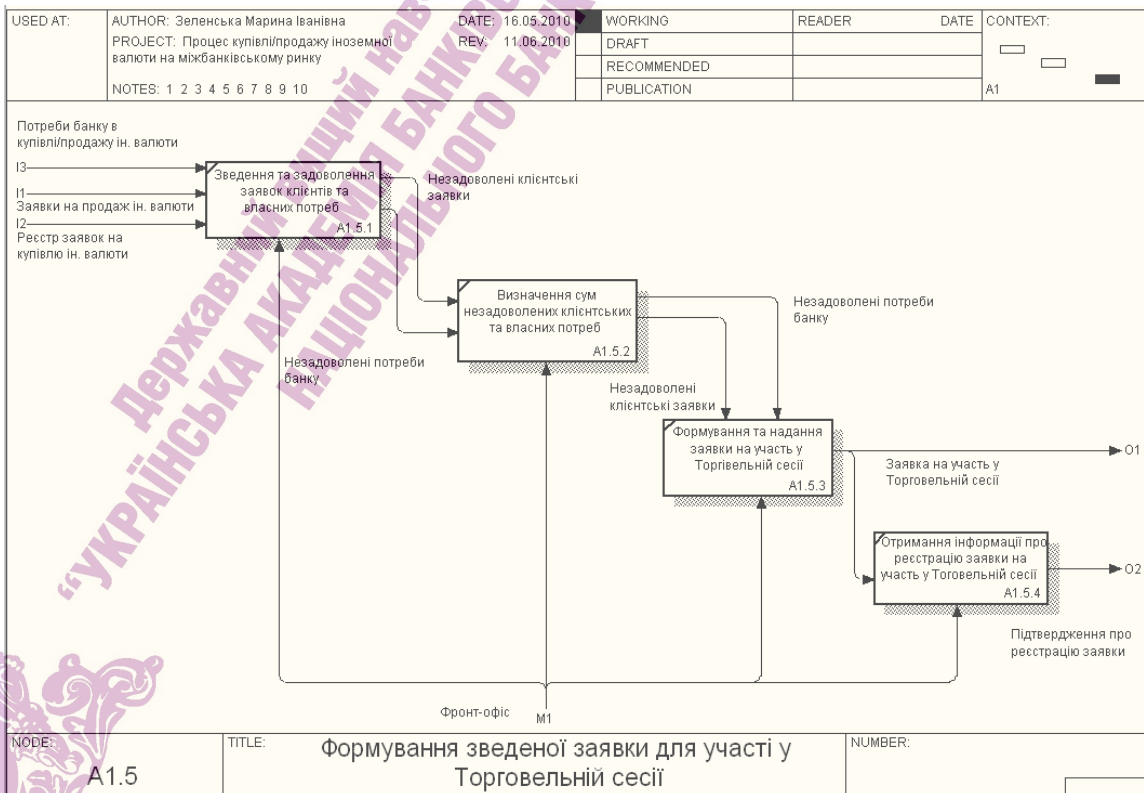


Рисунок 2.8 – Декомпозиція бізнес-процесу «Формування зведеної заявки для участі у Торговельній сесії»



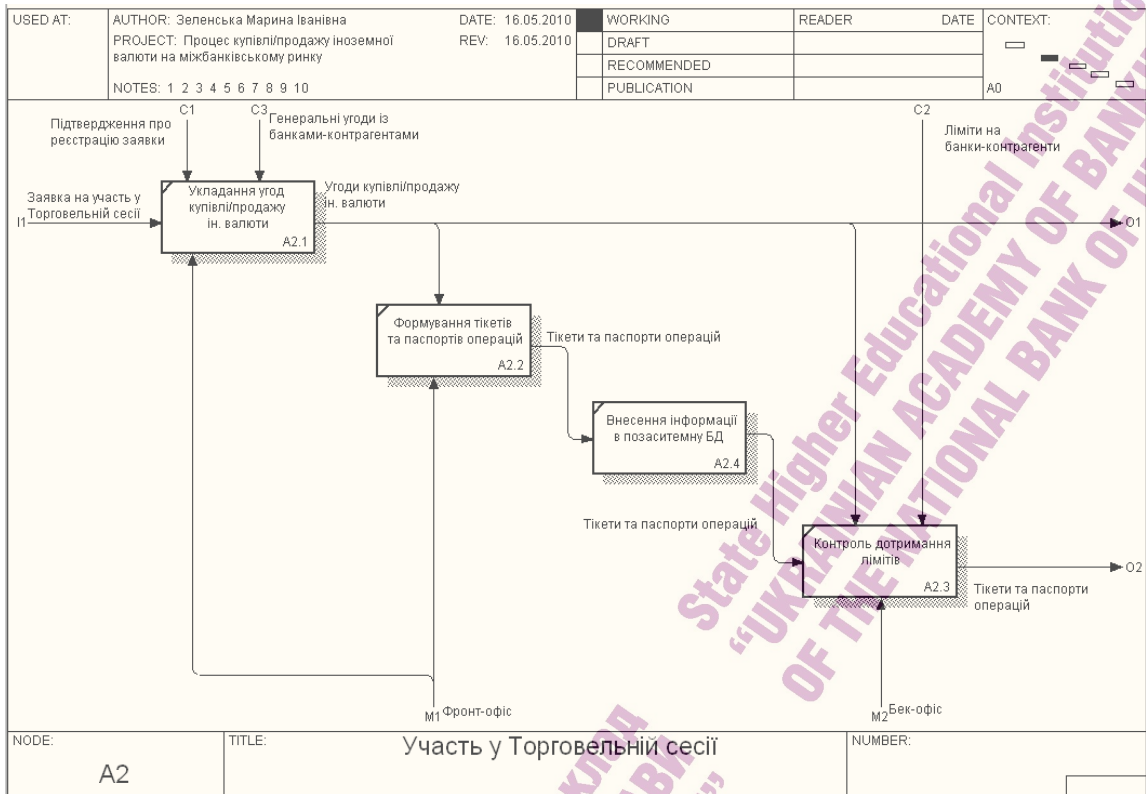


Рисунок 2.9 – Декомпозиція бізнес-процесу «Участь у Торговельній сесії»

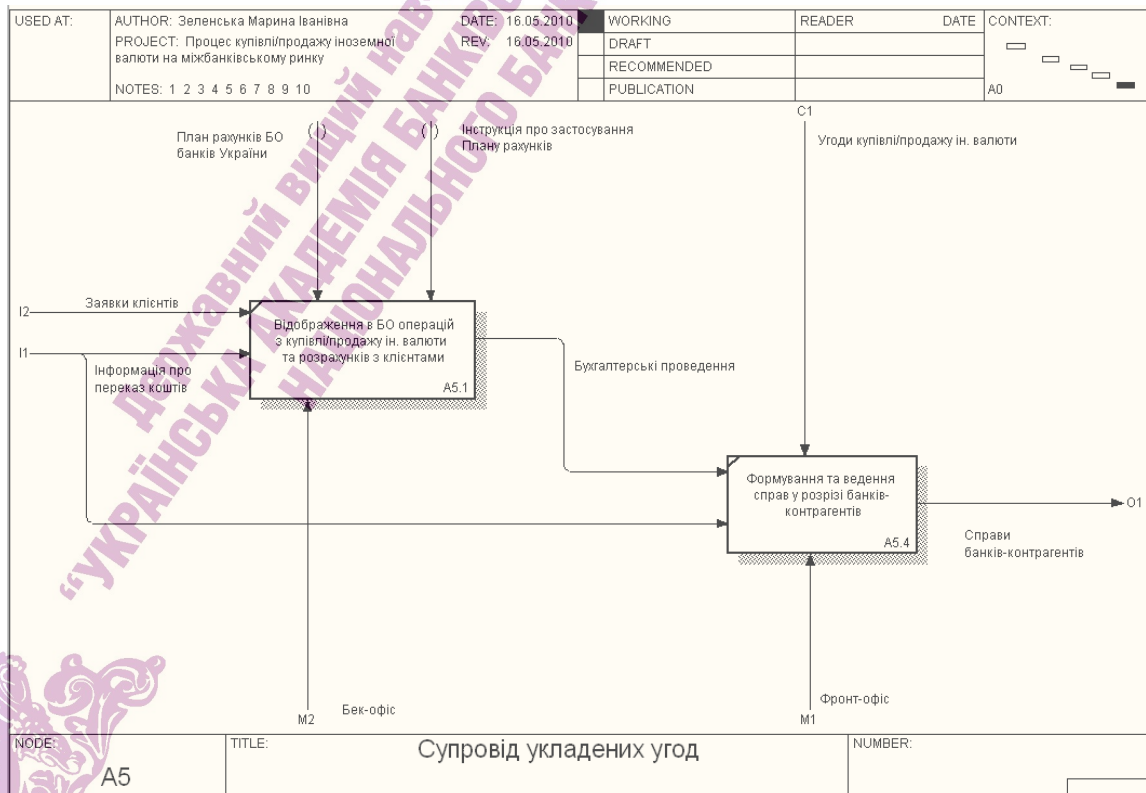


Рисунок 2.10 – Декомпозиція бізнес-процесу «Супровід укладених угод»



Аналізуючи основні бізнес-процеси, якими характеризуються робота дилінгової служби банку, можемо виділити ключові етапи, від яких залежать результати торгівлі. Формування доходу, а подальшому і прибутку від дилінгових операцій відбувається безпосередньо під час участі у Торгівельній сесії, а більш точно – саме в момент укладання угоди, коли визначаються основні її параметри.

Вибір цінової політики, ведення переговорів і укладання конверсійних угод знаходиться у компетенції співробітників фронт-офісу, тому робота саме цього підрозділу потребує більш ґрунтовного дослідження і оптимізації.

Застосувавши системний підхід, представимо роботу фронт-офісу у вигляді «чорного ящика», виділивши при цьому вхідні та вихідні потоки даних, фактори зовнішнього середовища та зворотні зв'язки (рисунок 2.11).

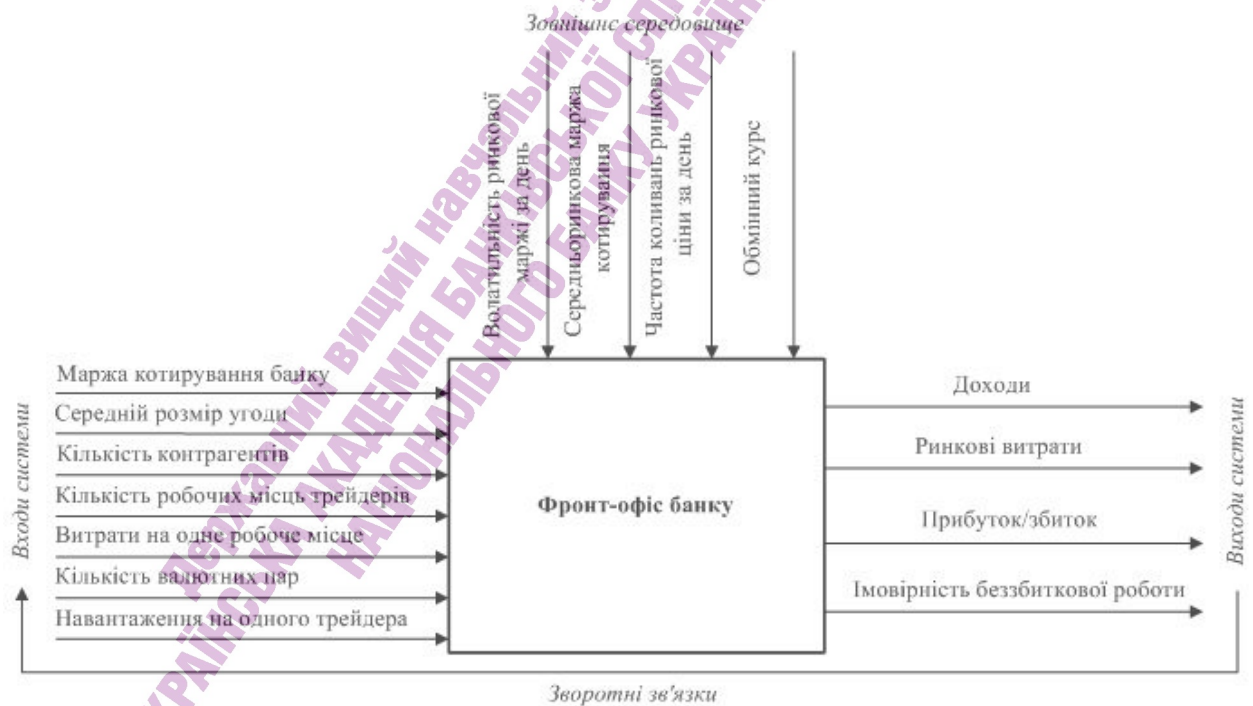


Рисунок 2.11 – Зображення роботи фронт-офісу банку із використанням системного підходу

Входи системи – це параметри, що визначаються самим фронт-офісом.





Виходи системи характеризують кількісні та якісні показники роботи фронт-офісу, що мають певний ступінь адекватності та імовірності реалізації, рівень ризику досягнення запланованого результату.

До компонентів зовнішнього середовища відносяться параметри конверсійного ринку, що впливають на функціонування фронт-офісу.

Наявність зворотних зв'язків передбачає можливість управління результатами роботи фронт-офісу, змінюючи його вхідні параметри.

Таким чином, визначивши основні параметри, від яких залежить результат роботи фронт-офісу, можемо перейти до розробки математичної моделі, яка б описувала взаємозв'язки між цими параметрами, і виявлення способів оптимізації роботи дилінгової служби банку.

## 2.2 Математична модель конверсійного ринку

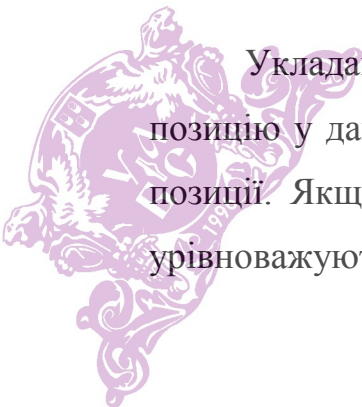
### 2.2.1 Рівняння потоку валютних котирувань

Укладання угод на конверсійному ринку FOREX здійснюється за рахунок паралельного проведення переговорів між окремими парами учасників. Наслідком цього є принципи подвійного котирування та множинності обмінних курсів.

Принцип подвійного котирування означає, що учасник, який запитує ціну  $P$ , очікує від контрагента подвійне котирування – ціну покупки  $P_{Bid}$  і ціну продажу  $P_{Ask}$ :

$$P = [P_{Bid}; P_{Ask}]. \quad (2.1)$$

Укладаючи угоду про покупку валюти, контрагент відкриває коротку позицію у даній валюті, продаж валюти супроводжується відкриттям довгої позиції. Якщо за сукупністю угод купівлі і продажу загальні обсяги угод урівноважують один одного, то позиції контрагента вважаються закрити



тими у даній валюті. Закриття позиції також відбувається у разі виконання контрагентами своїх зобов'язань за укладеною угодою.

Множинність обмінних курсів передбачає, що величина поточного курсу оцінюється як деяка область значень, оскільки на ринку паралельно проводиться декілька торгів, які формують власну ціну. Тоді:

$$P_i = \bar{P} \pm \Delta, \quad (2.2)$$

де  $P_i$  – поточна ціна, гр. од./вал. од.;

$\bar{P}$  – середня ціна множини переговорів, гр. од./вал. од.;

$\Delta$  – величина розкиду цін, гр. од./вал. од.

Спостережувані значення обмінного курсу можна представити у вигляді суми випадкових слабо пов'язаних або незалежних відхилень:

$$P_i = P_{i-1} + \delta = P_0 + \sum \delta_i, \quad (2.3)$$

де  $\delta_i$  – випадкове відхилення від попередньої ціни, гр. од./вал. од.

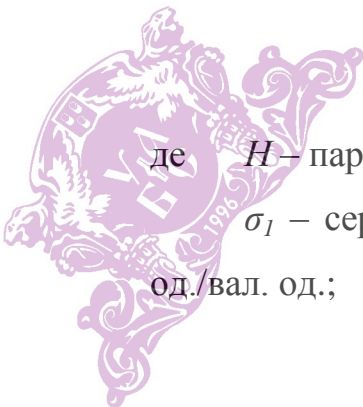
Оскільки сума досить великого числа незалежних доданків наближено описується нормальним законом розподілу, тоді величина  $\delta_i$  має гаусівський розподіл із нульовим математичним очікуванням і середньоквадратичним відхиленням  $\sigma$ . Даний випадок можна описати за допомогою моделі узагальненого броунівського руху:

$$\rho(\delta_i > X) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^X e^{-\frac{x^2}{2\sigma^2}}, \quad (2.4)$$

$$\sigma = \sigma_1 \cdot \left( \frac{T}{T_1} \right)^H, \quad (2.5)$$

де  $H$  – параметр Херста;

$\sigma_1$  – середньоквадратичне відхилення ринкової ціни за один день, гр. од./вал. од.;



$T$  – період часу, днів;

$T_1$  – тривалість операційного дня, днів.

Якщо відхилення  $\delta_i$  абсолютно незалежні, то імовірність відхилення залежить тільки від  $T=t_i-t_{i-1}$ , отже має місце класичний броунівський процес, для якого:

$$H = \frac{1}{2}, \quad (2.6)$$

$$\sigma = \sigma_1 \sqrt{\frac{T}{T_1}}. \quad (2.7)$$

### 2.2.2 Рівняння рівноваги доходу арбітражера та спекулянта

В залежності від того, в який спосіб учасники конверсійного ринку одержують свої прибутки, вони поділяються на дві групи: спекулянти та арбітражери. До арбітражерів відносяться ті учасники, які встановлюють ціну і одержують прибуток за рахунок різниці цін покупки та продажу, у той час як спекулянти погоджуються із встановленою ціною і одержують прибуток в результаті зміни ціни з часом.

Рівняння рівноваги конверсійного ринку визначається через прибуток арбітражера як оператора ринку. При цьому будемо вважати, що неринкові витрати при укладанні угод досить малі.

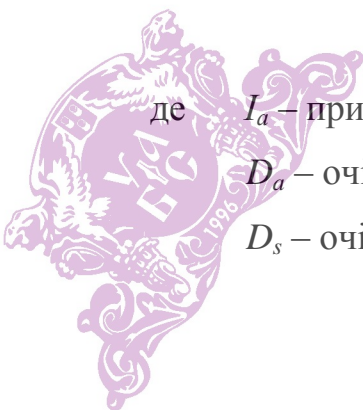
Тоді прибуток арбітражера із пари протилежних угод може бути визначений:

$$I_a = D_a - D_s - L_a, \quad (2.8)$$

де  $I_a$  – прибуток арбітражера, гр. од./вал. од.;

$D_a$  – очікуваний дохід арбітражера при закритті позиції, гр. од./вал. од.;

$D_s$  – очікуваний дохід спекулянта при закритті позиції, гр. од./вал. од.;



$L_a$  – очікування втрати процентних доходів при розрахунках по незакритих позиціях контрагентів, гр. од./вал. од.

### 2.2.3 Рівняння доходу арбітражера

Оскільки арбітражер прагне скоротити час між протилежними угодами, будемо вважати, що позиції арбітражера завжди закриті:

$$T_a \Rightarrow 0, \quad (2.9)$$

а дохід арбітражера на одиницю валюти дорівнює маржі котирування:

$$D_a = M = P_{Ask} - P_{Bid}, \quad (2.10)$$

де  $M$  – маржа котирування, гр. од./вал. од.

### 2.2.4 Рівняння доходу спекулянта

Очікуваний дохід спекулянта для ринку із досконалою конкуренцією повинен бути максимальним і визначається як:

$$D_s = \rho_0 \cdot X_s \Rightarrow \max, \quad (2.11)$$

де  $X_s$  – очікуване відхилення курсу від свого середнього значення, гр. од./вал. од.;

$\rho_0$  – імовірність закриття позиції при відповідному відхиленні.

Необхідна умова максимуму може бути виражена:

$$\frac{dD_s}{dX} = \frac{d(\rho_0 \cdot X_s)}{dX} = 0. \quad (2.12)$$

З урахуванням (2.4):





$$X_s \cdot e^{-\frac{x^2}{2\sigma^2}} = \int_{-\infty}^x e^{-\frac{x^2}{2\sigma^2}} dx = 0. \quad (2.13)$$

Дане рівняння перетворюється в тотожність при наступних значеннях параметрів:

$$\mu = \frac{X_s}{\sigma} = 0,7518, \quad (2.14)$$

$$\rho_0 = 0,2261. \quad (2.15)$$

Тоді дохід спекулянта складе:

$$D_s = \rho_0 \cdot \mu \cdot \sigma. \quad (2.16)$$

Втрати процентних доходів можуть виникнути в результаті того, що позиції арбітражера не були закритими. Вони визначаються:

$$L_a = q \cdot R_\Sigma, \quad (2.17)$$

$$q = 1 - \rho_0, \quad (2.18)$$

де  $q$  – імовірність відкритої позиції контрагента;

$R_\Sigma$  – процентні доходи з валют котирування, гр. од./вал од.

### 2.2.5 Рівняння волатильності конверсійного ринку

Таким чином, рівняння прибутку арбітражера із пари протилежних угод можна записати наступним чином:

$$I_a = M - \rho_0 \cdot \mu \cdot \sigma - q \cdot R_\Sigma. \quad (2.19)$$

Тоді середнє значення прибутку арбітражера за період  $T$  складе:



$$\frac{\int_0^T I_a dT}{T} = \frac{\int_0^T (M - \rho_0 \cdot \mu \cdot \sigma - q \cdot R_\Sigma) dT}{T}. \quad (2.20)$$

Для ринку із досконалою конкуренцією величина прибутку наближається до нуля, тому рівняння для класичного броунівського процесу прийме вигляд:

$$\bar{M} = \frac{2}{3} \cdot \rho_0 \cdot \mu \cdot \sigma_1 \cdot \sqrt{\frac{T}{T_1}} + q \cdot R_\Sigma. \quad (2.21)$$

де  $\bar{M}$  – середня ринкова маржа котирування, гр. од./вал. од.

Звідси маємо, що дана рівність для одиничного часу прийме вигляд:

$$\bar{M} = \frac{2}{3} \cdot \rho_0 \cdot \mu \cdot \sigma_1 \cdot \sqrt{\frac{1}{T_1}} + q \cdot R_\Sigma. \quad (2.22)$$

Виходячи із (2.5) і (2.22), загальне рівняння стохастичної рівноваги конверсійного ринку для випадку броунівського процесу матиме вигляд:

$$\sigma(T) = \frac{3}{2} \cdot \frac{(M - q \cdot R_\Sigma)}{\rho_0 \cdot \mu} \sqrt{\frac{T}{T_1}} = 8,82 \cdot (M - 0,77 \cdot R_\Sigma) \sqrt{\frac{T}{T_1}}. \quad (2.23)$$

## 2.3 Математична модель міжбанківських торгів

### 2.3.1 Рівняння прибутку фронт-офісу

Прибуток фронт-офісу визначимо як різницю між доходом від його діяльності і витратами та збитками, які при цьому виникають:

$$P_\Sigma = D_\Sigma - L_\Sigma - S_\Sigma, \quad (2.24)$$



де  $P_{\Sigma}$  – прибуток фронт-офісу за день, гр. од.;

$D_{\Sigma}$  – дохід фронт-офісу за день, гр. од.;

$S_{\Sigma}$  – величина постійних витрат за день, гр. од.

$L_{\Sigma}$  – ринкові збитки фронт-офісу за день, гр. од.;

Різниця між загальним доходом і сумою ринкових збитків складає ринковий прибуток фронт-офісу:

$$G_{\Sigma} = D_{\Sigma} - L_{\Sigma}, \quad (2.25)$$

де  $G_{\Sigma}$  – ринковий прибуток фронт-офісу за день, гр. од.;

### 2.3.2 Рівняння доходу фронт-офісу

Величина очікуваного доходу фронт-офісу за день визначається середнім відхиленням котирувань від ринкового значення та об'ємом угод:

$$D_{\Sigma} = D \cdot Q \cdot N_d, \quad (2.26)$$

де  $D$  – середнім відхиленням котирувань, гр. од./вал. од.;

$Q$  – середній розмір однієї угоди, вал. од.;

$N_d$  – кількість укладених за день угод.

### 2.3.3 Рівняння ринкових збитків фронт-офісу

За умови рівноваги конверсійного ринку доходи одних його учасників є витратами для інших. Тому доходи контрагентів від закриття спекулятивної позиції складають суму ринкових збитків арбітражера. Величина спекулятивного доходу з одиниці валюти визначається волатильністю ціни і часом існування відкритої позиції, а загальна сума спекулятивного доходу пропорційна середньому обсягу однієї угоди і кількості укладених угод:

$$L_{\Sigma} = L \cdot Q \cdot N_d, \quad (2.27)$$

де  $L$  – спекулятивний дохід контрагента з одиниці валюти, гр. од./вал. од.

Як було розглянуто в попередньому розділі (формула 2.16), спекулянти прагнуть максимізувати свій дохід, тоді величина спекулятивного доходу з одиниці валюти складає:

$$L = \rho_0 \cdot \mu \cdot \sigma_1 \cdot \sqrt{\frac{T_d}{T_1}}, \quad (2.28)$$

де  $T_d$  – середній час існування відкритої позиції у відповідній валюті.

Середній час існування відкритої позиції можемо оцінити, знаючи кількість укладених за день угод:

$$T_d = \frac{T_1}{N_d}. \quad (2.29)$$

Таким чином, зведене рівняння ринкових збитків для однієї валютної пари прийме наступний вигляд:

$$L_{\Sigma} = \mu \cdot \rho_0 \cdot \sigma_1 \cdot Q \cdot \sqrt{N_d}. \quad (2.30)$$

Оскільки величина спекулятивного доходу має стохастичний характер, який визначається волатильністю ринкових цін, введемо додатковий параметр, що характеризує середньоквадратичне відхилення ринкових збитків, яке пропорційне волатильності ціни за період  $T_d$ . З урахуванням

(2.30) маємо формулу:

$$\sigma_L = \sigma_1 \cdot Q \cdot \sqrt{N_d}. \quad (2.31)$$





де  $\sigma_L$  – волатильність ринкових збитків фронт-офісу за день, гр. од./вал. од.

### 2.3.4 Рівняння постійних витрат фронт-офісу

Постійні витрати фронт-офісу безпосередньо пов'язані із організацією роботи дилінгового залу і включають витрати на технічне забезпечення місць, заробітну плату уповноважених трейдерів, оплату послуг інформаційного агентства тощо.

Будемо вважати, що витрати на підтримку одного робочого місця є фіксованими протягом одного робочого дня. Тоді, знаючи необхідну кількість трейдерів для обробки запитів контрагентів, можна розрахувати величину постійних витрат за день:

$$S_{\Sigma} = S \cdot N_t, \quad (2.32)$$

де  $S$  – середні витрати на утримання одного робочого місця трейдера протягом робочого дня, гр. од.;

$N_t$  – необхідна кількість робочих місць трейдерів для проведення переговорів по певній валюті.

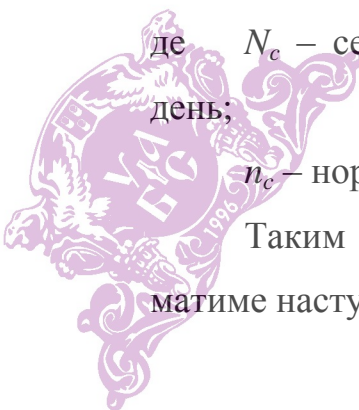
Знаючи нормативне навантаження на одного трейдера за день, можемо розрахувати необхідну кількість уповноважених трейдерів:

$$N_t = \frac{N_c}{n_c}, \quad (2.33)$$

де  $N_c$  – середня кількість переговорів по заданій валюті, проведених за день;

$n_c$  – нормативна кількість переговорів на одного трейдера.

Таким чином, зведене рівняння для розрахунку постійних витрат матиме наступний вигляд:



$$S_{\Sigma} = \frac{S \cdot N_c}{n_c}. \quad (2.34)$$

### 2.3.5 Імовірність беззбиткової роботи

Діяльність на конверсійному ринку нерозривно пов'язана з ризиком. Зі збільшенням проміжку часу між протилежними угодами зростає ризик того, що ціна відхилиться на користь контрагентів, що може призвести до ринкових збитків. Таким чином, імовірність беззбиткової роботи фронт офісу  $P_{\Sigma} \geq 0$  за день для однієї валютної пари можна оцінити через волатильність ринкових збитків:

$$\rho_p = \frac{1}{\sigma_L \cdot \sqrt{2\pi}} \cdot \int_0^{\infty} e^{-\frac{(P_{\Sigma}-x)^2}{2\sigma_L^2}} dx, \quad (2.35)$$

де  $\rho_p$  – імовірність беззбиткової роботи фронт-офісу для однієї валютної пари.

### 2.3.6 Імовірність укладання угоди в процесі переговорів

Арбітражер як оператор ринку має можливість керувати своєю позицією, заздалегідь визначаючи напрямок угоди. Тому в запропонованому ним котируванні лише одна ціна може зацікавити контрагента, а в умовах конкуренції банк зможе укласти угоду із контрагентом лише у тому випадку, якщо запропоноване ним котирування буде більш вигідним, ніж ціни інших учасників торгів.

Тоді імовірність укладання угоди в процесі переговорів визначається імовірністю того, що запропонована ціна буде ближчою до середнього значення ціни, ніж ціни інших учасників торгів. Середнє значення ціни дорівнює середньому між ціною покупки та продажу.

Якщо припустити, що різниця між ціною продажу та покупки – ринкова маржа котирувань розподілена за нормальним законом розподілу, то імовірність укладання угоди  $\rho_d$  визначається наступним чином [24]:

$$\rho_d = \frac{1}{\sigma_{\bar{M}} \cdot \sqrt{2\pi}} \cdot \int_{2D}^{\infty} e^{-\frac{x^2}{2\sigma_{\bar{M}}^2}} dx, \quad (2.36)$$

а між середньоквадратичним відхиленням і середнім значенням ринкової маржі існує наступне співвідношення [17]:

$$\sigma_{\bar{M}} = \bar{M} \cdot \sqrt{\frac{\pi}{2}}, \quad (2.37)$$

де  $\sigma_{\bar{M}}$  – волатильність ринкової маржі, гр. од./вал. од.

Виходячи із співвідношення (2.37), формула (2.36) прийме наступний вигляд:

$$\rho_d = \frac{1}{\pi \cdot \bar{M}} \cdot \int_{2D}^{\infty} e^{-\frac{x^2}{\pi \cdot \bar{M}^2}} dx. \quad (2.38)$$

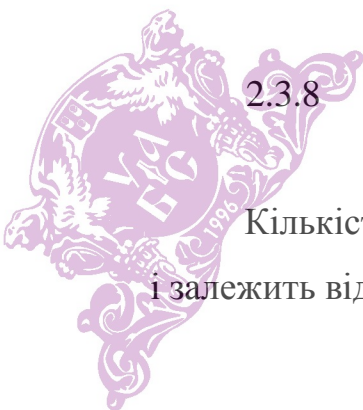
### 2.3.7 Рівняння кількості укладених угод

Знаючи імовірність укладання угоди в процесі переговорів, можна визначити загальну кількість укладених за день угод:

$$N_d = N_c \cdot \rho_d. \quad (2.39)$$

### 2.3.8 Рівняння кількості проведених переговорів

Кількість проведених переговорів визначається активність контрагентів і залежить від частоти коливань ринкової ціни.



Знаючи середню кількість переговорів, проведених одним контрагентом за день, можемо розрахувати загальну кількість переговорів:

$$N_c = N_p \cdot K, \quad (2.40)$$

де  $N_p$  – кількість контрагентів банку по заданій валютній парі;  
 $K$  – кількість звернень контрагента протягом одного дня.

Припустимо, що для відкриття позиції контрагент звернеться до банку у випадку зміни напрямку руху ціни відносно свого середнього значення. Імовірність даної події дорівнює 1. Тоді імовірність закриття позиції контрагента в той же день визначається співвідношенням (2.15) і дорівнює  $\rho_0$ . Таким чином, кількість звернень контрагента за день може бути розрахована як:

$$K = k \cdot (1 + \rho_0), \quad (2.41)$$

де  $k$  – показник, що характеризує частоту коливання ціни за день по відношенню до середнього значення.

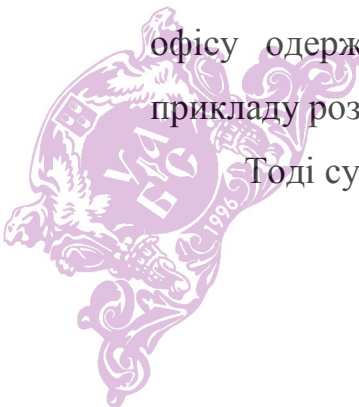
Тоді загальна кількість переговорів за день визначається як:

$$N_c = N_p \cdot k \cdot (1 + \rho_0). \quad (2.42)$$

### 2.3.9 Агреговані показники роботи фронт-офісу

Оскільки для кожної валютної пари доходи і витрати визначаються в одиницях базової валюти, для оцінки агрегованих показників роботи фронт офісу одержані результати необхідно привести до однієї валюти (для прикладу розглянемо долар США).

Тоді сумарний дохід від роботи фронт-офісу можемо розрахувати як:





$$D_o = \sum_i D_{\Sigma_i} \cdot P_i. \quad (2.43)$$

де  $D_o$  – сумарний дохід від роботи фронт-офісу, \$;

$i$  – кількість валютних пар.

$P$  – доларовий курс, \$/гр. од.

Аналогічним чином можемо розрахувати загальну суму ринкових витрат:

$$L_o = \sum_i L_{\Sigma_i} \cdot P_i. \quad (2.44)$$

де  $L_o$  – сумарний обсяг ринкових витрат за день, \$.

Загальна сума постійних витрат складе:

$$S_o = \sum_i S_{\Sigma_i} \cdot P_i. \quad (2.45)$$

де  $S_o$  – загальна сума постійних витрат фронт-офісу, \$.

Тоді загальний прибуток фронт-офісу можна розрахувати як:

$$P_o = D_o - L_o - S_o. \quad (2.46)$$

де  $P_o$  – загальний прибуток фронт-офісу, \$.

Загальна кількість укладених за день угод може бути розрахована як:

$$N_{d_o} = \sum_i N_{d_i}. \quad (2.47)$$

де  $N_{d_o}$  – кількість угод, укладених в цілому по офісу.

Сумарна кількість переговорів, проведених за день, складе:

$$N_{c_o} = \sum_i N_{c_i}. \quad (2.48)$$



де  $N_{c_o}$  – загальна кількість проведених переговорів.

Імовірність укладання угоди в цілому по офісу може бути розрахована наступним чином:

$$\rho_{d_o} = \frac{N_{d_o}}{N_{c_o}} \quad (2.49)$$

де  $\rho_{d_o}$  – середня імовірність укладання угод по офісу.

Необхідна кількість уповноважених трейдерів складе:

$$N_{t_o} = \sum_i N_{t_i}, \quad (2.50)$$

де  $N_{t_o}$  – загальна кількість уповноважених трейдерів.

Розрахувавши середнє значення волатильності ринкових збитків, можемо визначити імовірність беззбиткової роботи офісу  $P_o \geq 0$ :

$$\rho_{P_o} = \frac{1}{\sigma_{L_o} \cdot \sqrt{2\pi}} \cdot \int_0^{\infty} e^{-\frac{(P_o-x)^2}{2\sigma_{L_o}^2}} dx. \quad (2.51)$$

$$\sigma_{L_o} = \sqrt{\sum_i L_o \cdot P_i^2} \quad (2.52)$$

де  $\rho_{P_o}$  – імовірність беззбиткової роботи в цілому по офісу;

$\sigma_{L_o}$  – середнє значення волатильності ринкових збитків, \$.

### 2.3.10 Зведена система рівнянь

Узагальнивши розглянуті вище фактори, можемо записати загальну систему рівнянь, яка об'єднує в собі параметри ринкової кон'юнктури і показники роботи фронт-офісу.



$$\left\{ \begin{array}{l} P_{\Sigma} = D_{\Sigma} - L_{\Sigma} - S_{\Sigma} \\ D_{\Sigma} = D \cdot Q \cdot N_d \\ L_{\Sigma} = \mu \cdot \rho_0 \cdot \sigma_1 \cdot Q \cdot \sqrt{N_d} \\ S_{\Sigma} = \frac{S \cdot N_c}{n_c} \\ \rho_d = \frac{1}{\pi \cdot M} \cdot \int_{2D}^{\infty} e^{-\frac{x^2}{\pi \cdot M^2}} dx \\ N_d = N_c \cdot \rho_d \\ N_c = N_p \cdot k \cdot (1 + \rho_0) \end{array} \right. \quad (2.53)$$

Одержана система складається із наступних рівнянь:

- рівняння прибутку;
- рівняння доходу;
- рівняння ринкових збитків;
- рівняння постійних витрат;
- імовірності укладання угоди в ході переговорів;
- рівняння кількості укладених угод;
- рівняння кількості проведених переговорів.

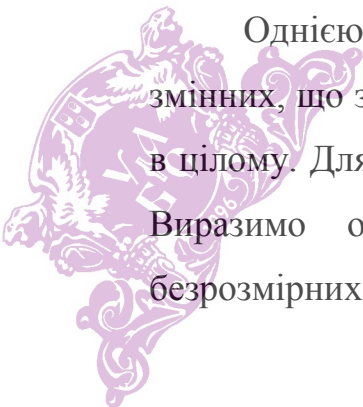
## 2.4 Приведення моделі до безрозмірного вигляду

### 2.4.1 Безрозмірний прибуток

Наступним етапом дослідження буде оцінка впливу ринкових факторів та внутрішніх параметрів роботи фронт-офісу на величину його прибутку.

Однією з основних проблем, що виникає при цьому, є велика кількість змінних, що значно ускладнює виявлення впливу кожної величини на процес в цілому. Для вирішення цієї проблеми застосуємо методи теорії подібності.

Виразимо одержану систему розмірних величин (2.53) у вигляді безрозмірних комплексів, кількість яких буде меншою, ніж кількість



початкових розмірних величин. Це дозволить не тільки формально зменшити кількість змінних, але й виявити вплив сукупності факторів, що визначають зв'язки досліджуваного процесу.

Приведення до безрозмірного вигляду доцільно виконати, виразивши параметри системи через величину потенційно можливого доходу при даній кількості контрагентів:

$$D_p = \frac{\bar{M} \cdot Q \cdot N_c}{2} = \frac{\bar{M} \cdot Q \cdot N_p \cdot k \cdot (1 + \rho_0)}{2}, \quad (2.54)$$

де  $D_p$  – потенційно можливий дохід фронт-офісу, гр. од.

Розрахуємо величину безрозмірного прибутку фронт-офісу:

$$p = \frac{P_\Sigma}{D_p} = \frac{2 \cdot P_\Sigma}{\bar{M} \cdot Q \cdot N_p \cdot k \cdot (1 + \rho_0)}, \quad (2.55)$$

де  $p$  – безрозмірний прибуток фронт-офісу.

Дана величина показує, яку частку становить очікуваний прибуток фронт-офісу від його потенційного можливого доходу.

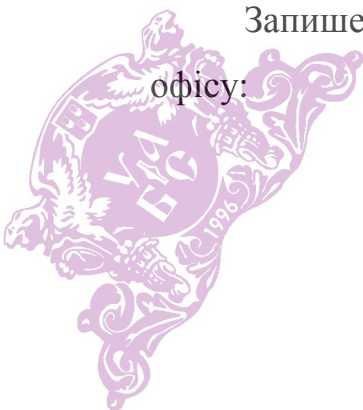
Величину безрозмірного ринкового прибутку можемо розрахувати із наступного співвідношення:

$$g = \frac{G_\Sigma}{D_p} = \frac{2 \cdot G_\Sigma}{\bar{M} \cdot Q \cdot N_p \cdot k \cdot (1 + \rho_0)}, \quad (2.56)$$

де  $g$  – безрозмірний ринковий прибуток.

Запишемо рівняння для розрахунку безрозмірного прибутку фронт-офісу:

$$p = d - l - s, \quad (2.57)$$





$d$  – безрозмірний дохід;

$l$  – безрозмірні ринкові збитки;

$s$  – безрозмірні постійні витрати.

Аналогічно можемо записати рівняння для визначення безрозмірного ринкового прибутку:

$$g = d - l. \quad (2.58)$$

#### 2.4.2 Безрозмірний дохід

Безрозмірний дохід показує співвідношення між очікуваним і потенційно можливим доходом фронт-офісу:

$$d = \frac{D_{\Sigma}}{D_p} = \frac{2 \cdot D \cdot Q \cdot N_c \cdot \rho_d}{M \cdot Q \cdot N_c} = m \cdot \rho_d, \quad (2.59)$$

$$m = \frac{2D}{M}. \quad (2.60)$$

де  $m$  – критерій подібності котирувань.

Критерій подібності котирувань або безрозмірна маржа у загальному вигляді характеризує співвідношення між маржею банку і величиною ринкової маржі. В більш вузькому сенсі, це співвідношення між доходом фронт-офісу з одиниці валюти і ринковим доходом з одиниці валюти.

Тоді імовірність укладання угоди під час переговорів можна розрахувати наступним чином:

$$\rho_d = \frac{1}{\pi} \cdot \int_m^{\infty} e^{-\frac{x^2}{\pi}} dx. \quad (2.61)$$



### 2.4.3 Безрозмірні ринкові збитки

Величина безрозмірних ринкових збитків показує співвідношення між сумою ринкових збитків і потенційно можливим доходом фронт-офісу:

$$l = \frac{L_{\Sigma}}{D_p} = \frac{2 \cdot \mu \cdot \rho_0 \cdot \sigma_1 \cdot Q \cdot \sqrt{N_d}}{\bar{M} \cdot Q \cdot N_c} = \frac{2 \cdot \mu \cdot \rho_0 \cdot \sigma_1}{\bar{M}} \cdot \sqrt{\frac{\rho_d}{k \cdot (1 + \rho_0) \cdot N_p}} \quad (2.62)$$

Введемо критерій подібності інтенсивності запитів контрагентів:

$$\lambda = \frac{4 \cdot \mu^2 \cdot \rho_0^2 \cdot \sigma_1^2}{\bar{M}^2 \cdot k \cdot (1 + \rho_0) \cdot N_p} = \frac{0,0938 \cdot \sigma_1^2}{\bar{M}^2 \cdot k \cdot N_p}, \quad (2.63)$$

де  $\lambda$  – критерій подібності інтенсивності запитів контрагентів.

Тоді рівняння ринкових збитків у безрозмірному вигляді матиме наступний вигляд:

$$l = \sqrt{\rho_d \cdot \lambda}. \quad (2.64)$$

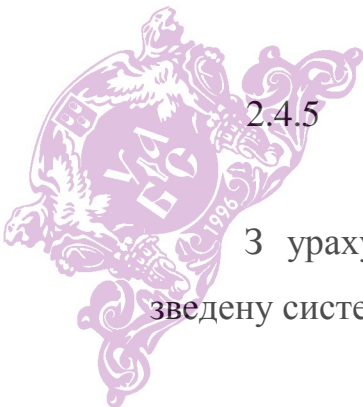
### 2.4.4 Безрозмірні постійні витрати

Безрозмірні постійні витрати показують, яку частку від величини потенційно можливого доходу складають постійні витрати фронт-офісу:

$$s = \frac{S_{\Sigma}}{D_p} = \frac{2 \cdot S \cdot N_c}{n_c \cdot \bar{M} \cdot Q \cdot N_c} = \frac{2 \cdot S}{n_c \cdot \bar{M} \cdot Q}. \quad (2.65)$$

### 2.4.5 Зведена система критеріальних рівнянь

З урахуванням запропонованих чисел подібності можемо записати зведену систему критеріальних рівнянь:



$$\begin{cases} p = m \cdot \rho_d - \sqrt{\rho_d \cdot \lambda} - s \\ \rho_d = \frac{1}{\pi} \cdot \int_m^{\infty} e^{-\frac{x^2}{\pi}} dx \end{cases} \quad (2.66)$$

Дослідження системи за допомогою чисел подібності дає можливість не лише узагальнити одержані результати і виявити основні залежності між виділеними безрозмірними комплексами, але і виділити групи подібних об'єктів за сукупністю своїх характеристик.

## 2.5 Характеристики основних бізнес-процесів

### 2.5.1 Характеристика прибутку

У якості параметрів основних бізнес-процесів розглянемо показники, що впливають на величину прибутку фронт-офісу, такі як дохід, ринкові та постійні витрати.

Щоб виявити вплив зазначених параметрів на прибуток, дослідимо наступну залежність:

$$p = f(m, \lambda, s). \quad (2.67)$$

Для цього засобами MathCAD знайдемо чисельні рішення системи (2.66) для різних значень маржі котирування (Додаток А):

$$\begin{cases} p = \frac{m}{\pi} \cdot \int_m^{\infty} e^{-\frac{x^2}{\pi}} dx - \sqrt{\frac{\lambda}{\pi} \cdot \int_m^{\infty} e^{-\frac{x^2}{\pi}} dx} - s \\ s = 0,05 \end{cases} \quad (2.68)$$

Результати чисельного моделювання показано на рисунку 2.12.



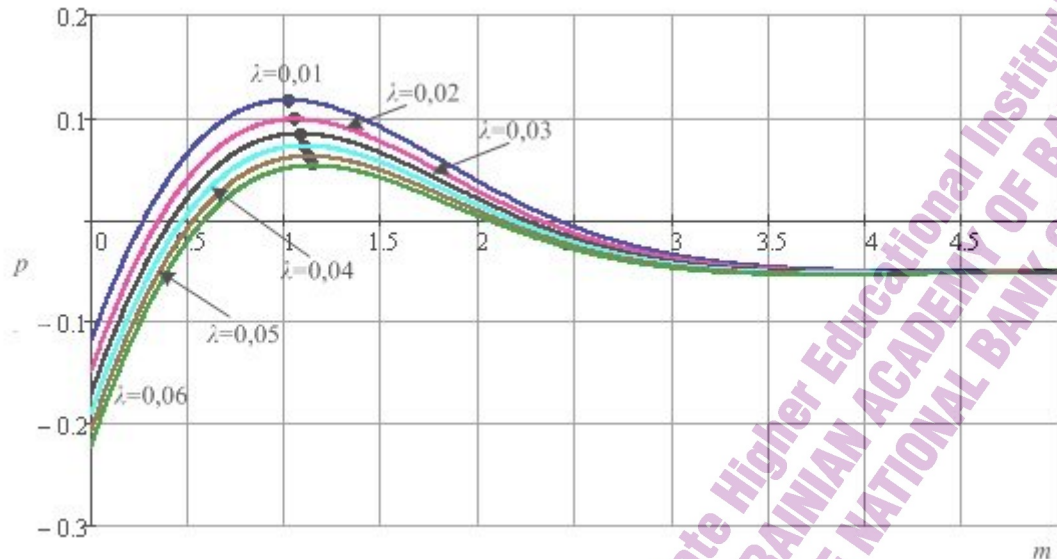


Рисунок 2.12 – Результати чисельного моделювання прибутку фронт-офісу

Як можемо побачити з графіку, існує нелінійна залежність між прибутком і маржею котирування банку. Кожна з наведених кривих має точку екстремуму. Зі збільшенням кількості запитів контрагентів відбувається зростання прибутку фронт-офісу, що супроводжується зміною оптимальної маржі котирування, при якій досягається його максимальна величина.

Отже, формування прибутку відбувається під впливом багатьох чинників, тому необхідно більш детально розглянути його структуру (рисунок 2.13).





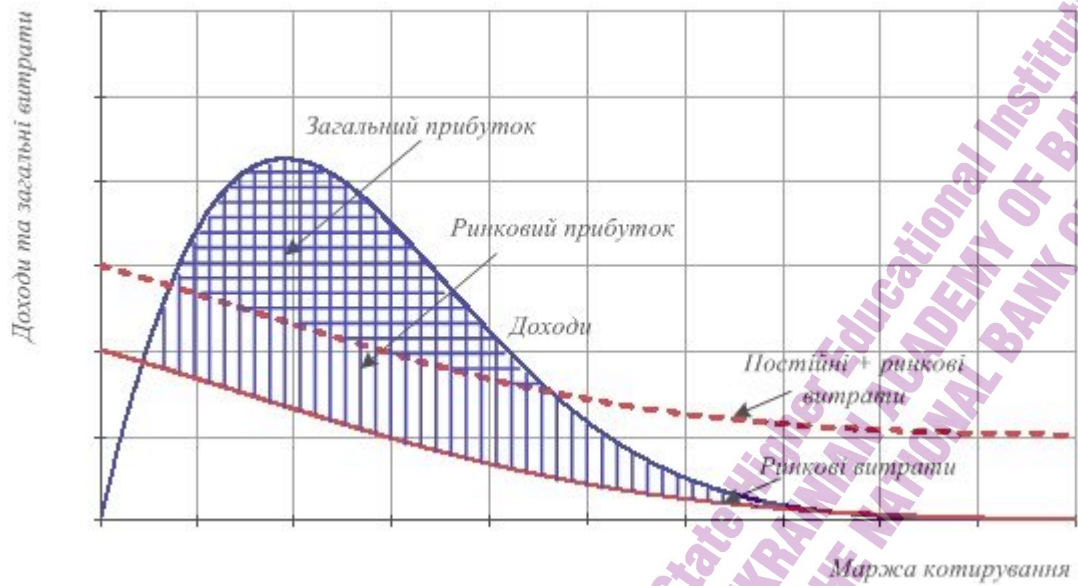


Рисунок 2.13 – Складові прибутку фронт-офісу

З малюнку можна побачити, що прибуток фронт-офісу має складну залежність від маржі котирування. Тому потрібно дослідити кожну з його складових, розглянувши окремо:

- характеристику доходу;
- характеристику витрат;
- характеристику ринкового прибутку.

### 2.5.2 Характеристика доходу

Розглянемо залежність доходу від маржі котирувань:

$$d = f(m). \quad (2.69)$$

З урахуванням (2.60) та (2.61) ця залежність визначається формулою:

$$d = m \cdot \rho_d = \frac{m}{\pi} \cdot \int_m^{\infty} e^{-\frac{x^2}{\pi}} dx. \quad (2.70)$$



Графічне представлення даної залежності, одержане за допомогою MathCAD (додаток Б), показано на рисунку 2.14.

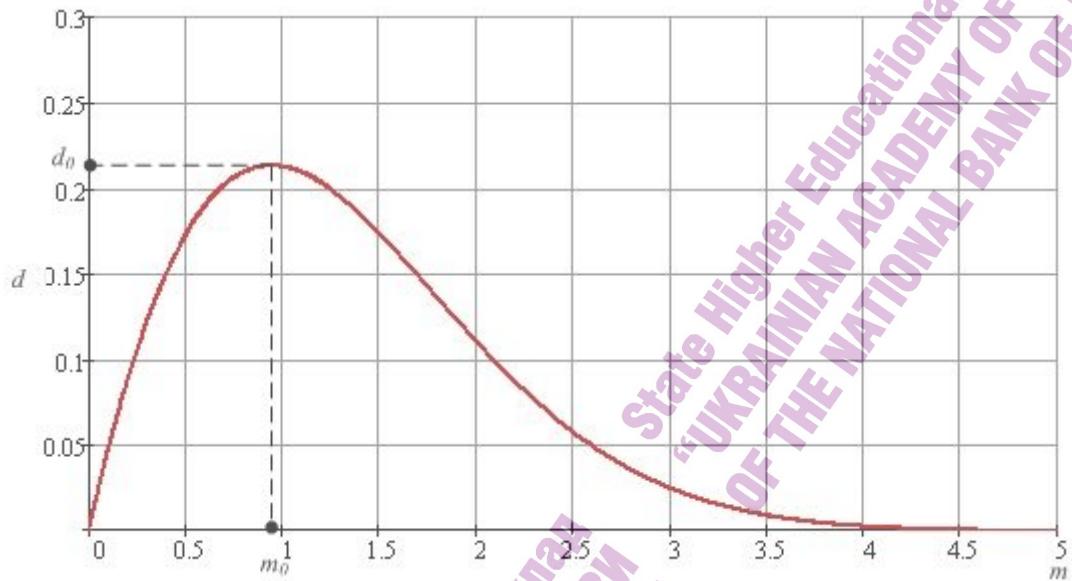


Рисунок 2.14 – Залежність доходу від маржі котирувань

Маржа котирування має неоднозначний вплив на дохід. Спочатку зі збільшенням маржі відбувається швидке зростання доходу, який досягає свого максимуму в точці  $(m_0, d_0)$ , подальше зростання маржі призводить до зменшення величини доходу. Це пояснюється тим, що зі збільшенням маржі зростає величина доходу від кожної угоди, але при цьому імовірність укладання такої угоди зменшується.

### 2.5.3 Характеристика ринкових збитків

Розглянемо залежність ринкових збитків фронт-офісу від маржі котирувань та кількості контрагентів, яка визначає інтенсивність запитів:

$$l = f(m, \lambda). \quad (2.71)$$

Величина ринкових збитків з урахуванням (2.61) і (2.64) становить:



$$l = \sqrt{\frac{\lambda}{\pi} \cdot \int_m^{\infty} e^{-\frac{x^2}{\pi}} dx} \quad (2.72)$$

Ця залежність містить інтеграл від функції Лапласа, значення якого не можна представити в елементарних функціях, тому розглянемо її графічне представлення (рисунки 2.15-2.16), одержане чисельним методом за допомогою MathCAD (див. додаток В).

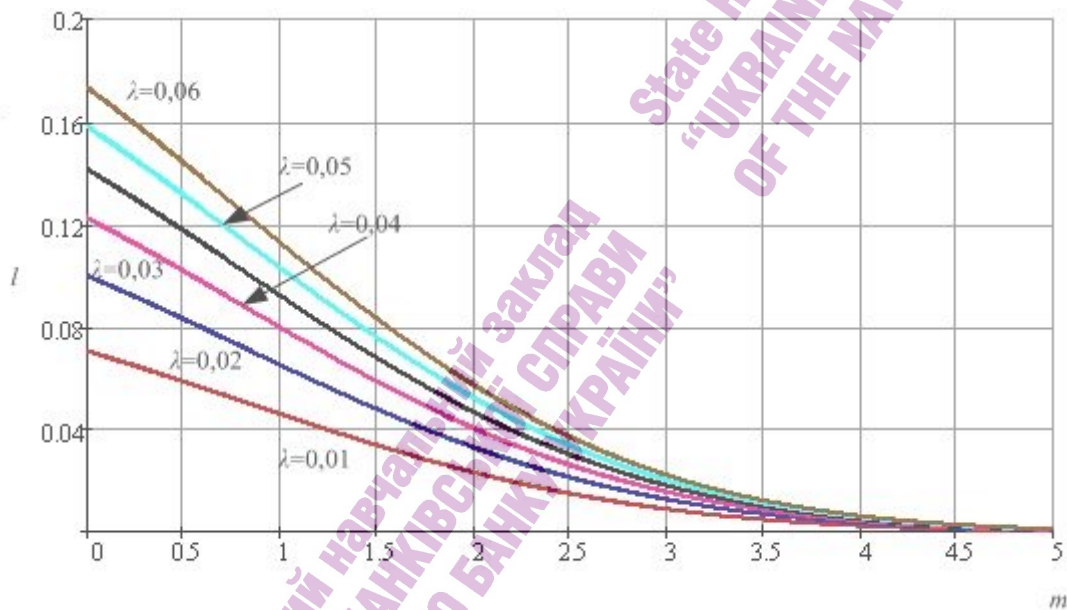


Рисунок 2.15 – Залежність ринкових збитків від маржі котирування

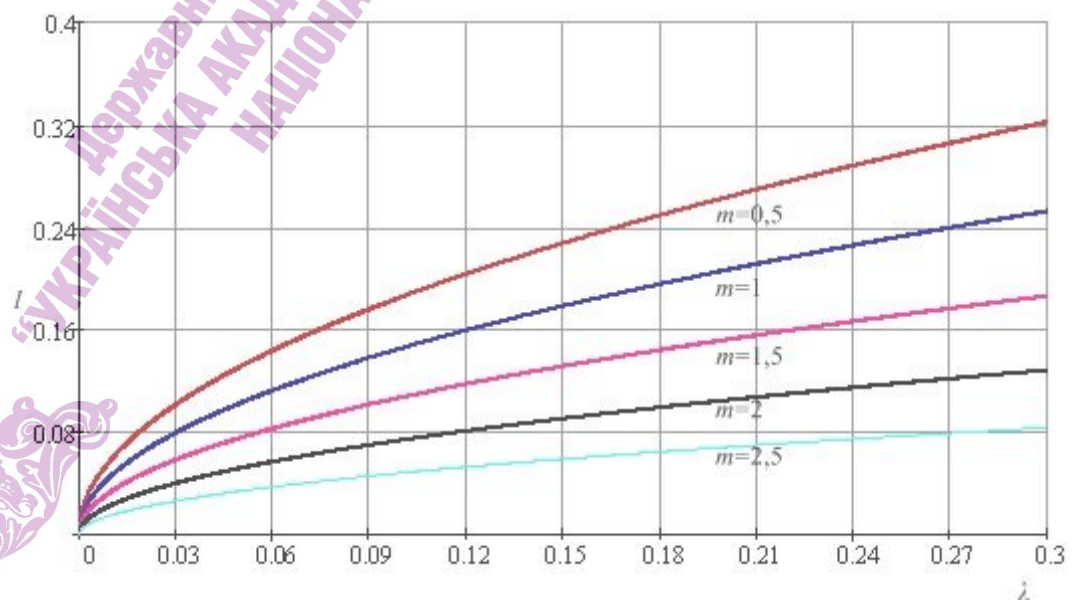
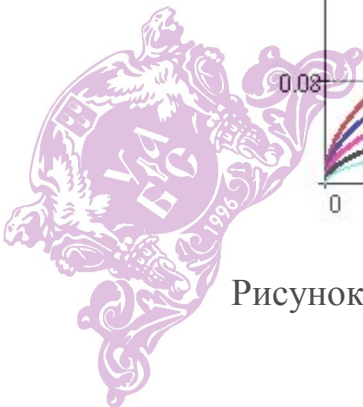


Рисунок 2.16 – Залежність ринкових збитків від інтенсивності запитів



Приведена залежність має нелінійний характер. При фіксованій кількості запитів контрагентів збільшення маржі котирувань призводить до зменшення кількості укладених угод, і як результат до зменшення суми ринкових збитків. Зі збільшенням кількості запитів при фіксованій маржі котирувань сума ринкових збитків зменшується з тих же причин.

#### 2.5.4 Характеристика ринкового прибутку

Розглянемо залежність ринкового прибутку фронт-офісу від маржі котирувань та кількості контрагентів, яка визначає інтенсивність запитів:

$$g = f(m, \lambda). \quad (2.73)$$

З урахуванням (2.60), (2.61) та (2.63) ця залежність визначається формулою:

$$g = \frac{m}{\pi} \cdot \int_m^{\infty} e^{-\frac{x^2}{\pi}} dx - \sqrt{\frac{\lambda}{\pi} \cdot \int_m^{\infty} e^{-\frac{x^2}{\pi}} dx}. \quad (2.74)$$

Як і (2.72), дана залежність містить інтеграл від функції Лапласа, тому розглянемо її графічне представлення (рисунок 2.17), одержане чисельним методом за допомогою MathCAD (див. додаток Г).





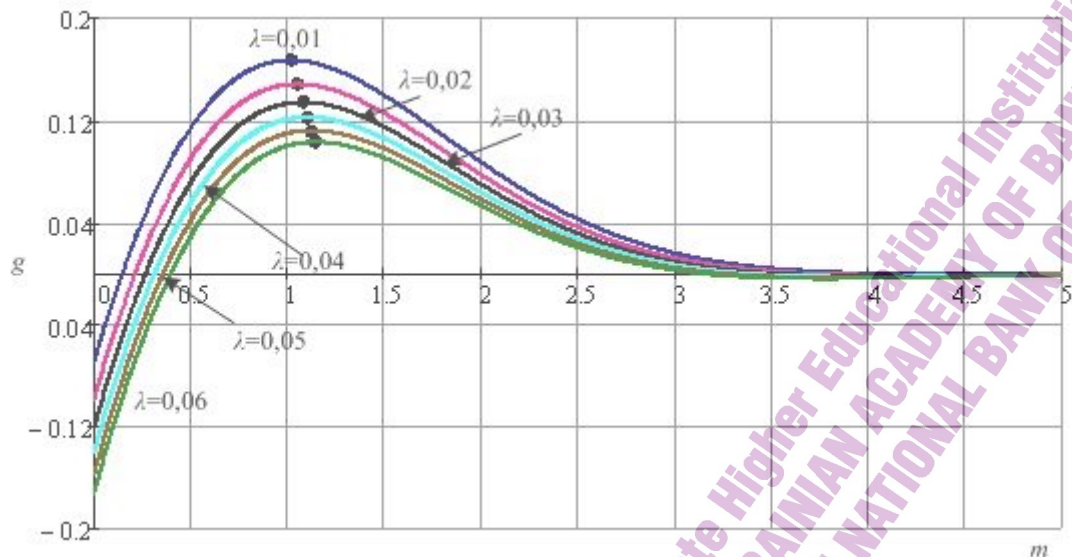


Рисунок 2.17 – Залежність ринкового прибутку від маржі котирування

З графіка видно, що оптимальне значення маржі котирування, при якому можна одержати максимальний прибуток залежить від інтенсивності запитів контрагентів. Зі збільшенням кількості запитів максимально можливий прибуток зростає. При цьому оптимальне значення маржі котирування асимптотично наближається до  $m_0$ .

Отже, однією із задач подальших досліджень є визначення умови максимізації прибутку та умови максимізації доходу як гранично можливої величини прибутку.

### 2.5.5 Умова максимізації доходу

Визначимо максимально можливий дохід фронт-офісу. Для цього знайдемо екстремум функції безрозмірного доходу відносно параметра  $m$ .

Необхідна умова максимуму може бути записана наступним чином:

$$\frac{d(m \cdot \rho_d)}{dm} = \left( \frac{m}{\pi} \cdot \int_m^{\infty} \frac{x^2}{\pi} dx \right)' = 0. \quad (2.75)$$

Виконавши ряд перетворень, одержимо наступне рівняння:



$$\int_m^{\infty} e^{-\frac{x^2}{\pi}} dx - m \cdot e^{-\frac{m^2}{\pi}} = 0. \quad (2.76)$$

Чисельний розв'язок даного рівняння можна знайти з використанням програмного засобу MathCAD (додаток Д). Рівняння (2.76) перетворюється в тотожність при наступному значенні критерію подібності котирувань:

$$m_0 = 0,9422. \quad (2.77)$$

Тоді імовірність укладання угоди в процесі переговорів при оптимальному значенні  $m_0$  складе:

$$\rho_d(m_0) = 0,2261 = \rho_0. \quad (2.78)$$

Можемо визначити максимальну величину доходу:

$$d_0 = m_0 \cdot \rho_0 = 0,2130. \quad (2.79)$$

Або у розмірних величинах:

$$D_{\max} = \frac{m_{0c} \cdot \rho_0 \cdot \bar{M} \cdot Q \cdot N}{2} = 0,1065 \cdot \bar{M} \cdot Q \cdot N_c. \quad (2.80)$$

### 2.5.6 Умова максимізації прибутку

Визначимо умови, при яких досягається максимальне значення прибутку. Для цього дослідимо функцію безрозмірного прибутку фронт-офісу на наявність екстремуму.

Необхідна умова екстремуму:

$$\frac{dp}{dm} = \frac{d(d-l-s)}{dm} = 0. \quad (2.81)$$



Так як  $s$  не залежить від  $m$ , то:

$$\frac{dp}{dm} = \frac{d(d-l)}{dm} = \frac{dg}{dm} = 0. \quad (2.82)$$

Із (2.82) видно, що постійні витрати не впливають на величину маржі котирування, при якій досягається максимальний прибуток. Тобто оптимальне значення маржі визначається лише кількістю запитів контрагентів.

Тоді умова максимізації прибутку прийме наступний вигляд:

$$\frac{d(m \cdot \rho_d)}{dm} = \sqrt{\lambda} \cdot \frac{d(\sqrt{\rho_d})}{dm}. \quad (2.83)$$

Оскільки дане рівняння містить інтеграл від функції Лапласа, значення якого не можливо представити за допомогою елементарних функцій, його не можливо вирішити аналітично.

Розв'язки даного рівняння знайдемо графічно з допомогою MathCAD (додаток Ж). Розрахуємо значення параметра  $m$ , що максимізують величину ринкового прибутку  $g$  при різних значеннях  $\lambda$ .

Побудувавши криві доходів  $d$  і витрат  $l$  для розрахованих значень параметра  $m$ , дослідимо зону існування ринкового прибутку. (рисунок 2.17).



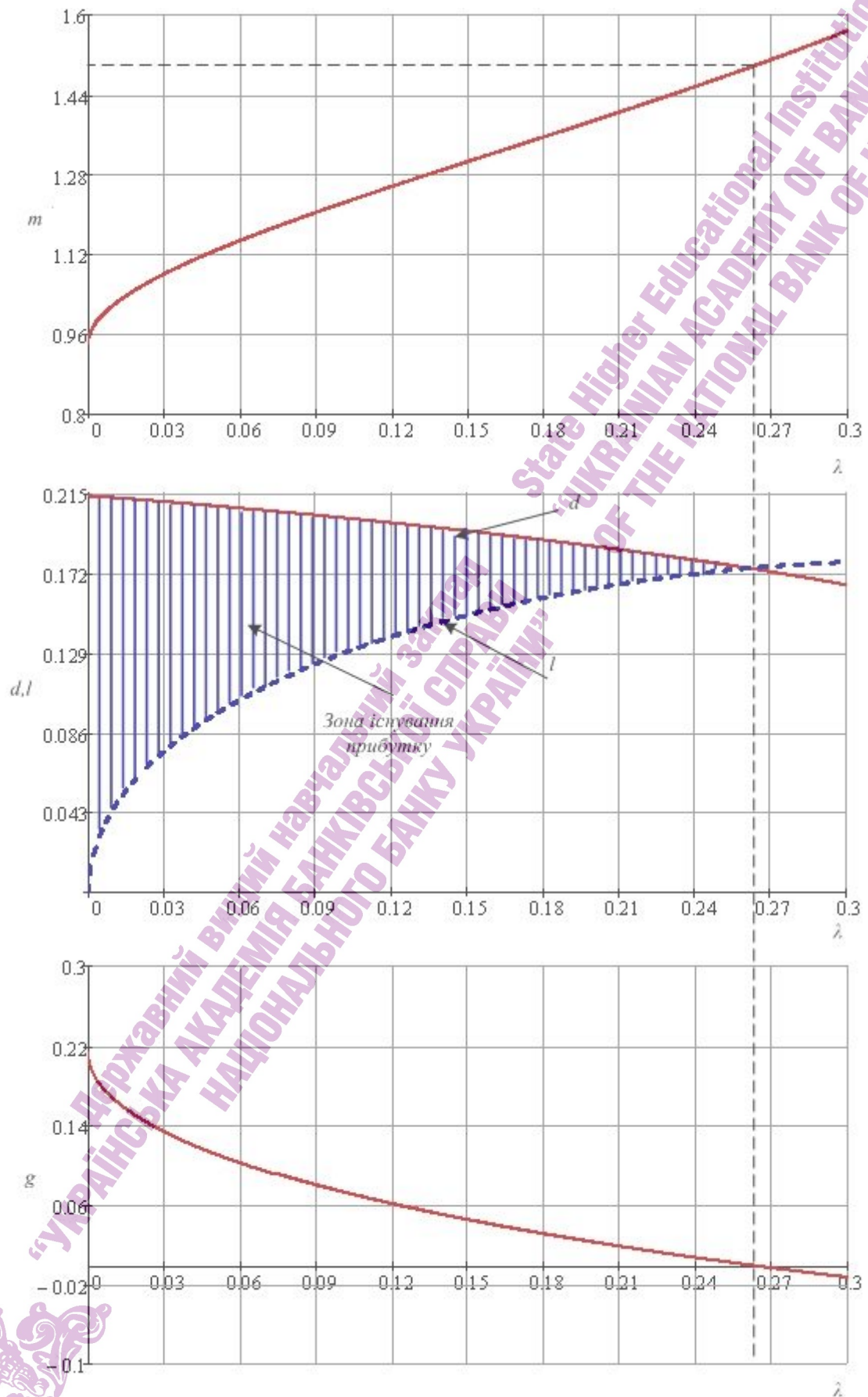
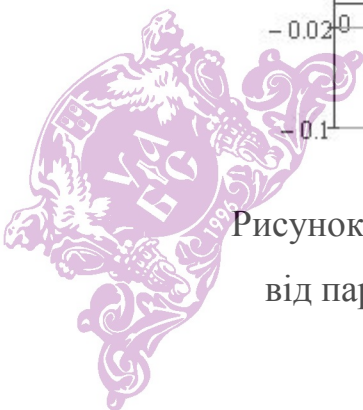


Рисунок 2.17 – Залежність доходу  $d$ , витрат  $l$ , ринкового прибутку  $g$  від параметра  $\lambda$  при оптимальному значенні питомого доходу  $m$





Як видно із даного графіку, зі зменшенням кількості запитів контрагентів величина ринкового прибутку також зменшується, прямуючи до нуля. Тому необхідно дослідити умову беззбитковості торгівлі, визначивши граничні значення маржі котирування  $m$  та інтенсивності запитів контрагентів  $\lambda$ , при яких ще можливе одержання ринкового прибутку.

### 2.5.7 Умова беззбитковості торгівлі

Визначимо умови беззбитковості торгівлі фронт-офісу. Для цього знайдемо граничні значення маржі котирування  $m$  та інтенсивності запитів контрагентів  $\lambda$ , при яких доходи  $d$  будуть покривати величину ринкових збитків  $l$  за умови оптимальної цінової політики арбітражера:

$$\begin{cases} \frac{m}{\pi} \cdot \int_m^{\infty} e^{-\frac{x^2}{\pi}} dx - \sqrt{\frac{\lambda}{\pi}} \cdot \int_m^{\infty} e^{-\frac{x^2}{\pi}} dx \geq 0, \\ \frac{d}{dm} \left( \frac{m}{\pi} \cdot \int_m^{\infty} e^{-\frac{x^2}{\pi}} dx - \sqrt{\frac{\lambda}{\pi}} \cdot \int_m^{\infty} e^{-\frac{x^2}{\pi}} dx \right) = 0. \end{cases} \quad (2.84)$$

Розв'язки даного рівняння можемо знайти за допомогою проведеного чисельного дослідження (п. 2.6.5). Аналізуючи результати моделювання (додаток Ж), було встановлено значення інтенсивності запитів контрагентів  $\lambda$ , при якому досягається беззбитковість торгівлі фронт-офісу:

$$0 < \lambda \leq 0,26. \quad (2.85)$$

А значення маржі котирування  $m$ , при якому можливе одержання ринкового прибутку, знаходиться в межах:

$$0,9422 < m \leq 1,4916. \quad (2.86)$$



Таким чином, при величині параметра  $\lambda$  більше 0,26 діяльність фронт-офісу є збитковою навіть без урахування постійних витрат, тому при проведенні подальших досліджень обмежимося розглядом зони беззбиткової торгівлі.

Для виявлення зв'язку між інтенсивністю запитів контрагентів і оптимальною величиною маржі котирування, що максимізує прибуток, побудуємо емпіричні залежності.

## 2.6 Емпіричні рівняння оптимальних параметрів роботи фронт-офісу

### 2.6.1 Рівняння оптимальної величини маржі котирування

Виконаємо апроксимацію функції  $m(\lambda)$  в межах зони беззбитковості торгівлі за допомогою степеневого тренду виду:

$$m = m_0 + \alpha \cdot \lambda^\beta. \quad (2.87)$$

Розрахуємо коефіцієнти  $\alpha$  і  $\beta$ , при яких досягається максимальне значення коефіцієнта детермінації, зафіксувавши значення функції в точках (0,0531; 1,1342) і (0,2096; 1,4042):

$$\alpha = 0,6399, \quad (2.88)$$

$$\beta = 1,2560. \quad (2.89)$$

Тоді рівняння залежності  $m(\lambda)$  прийме вигляд:

$$m = 0,9422 + 1,2560 \cdot \lambda^{0,6399}. \quad (2.90)$$

Графік вихідної та апроксимованої функції приведено на рисунку 2.19.



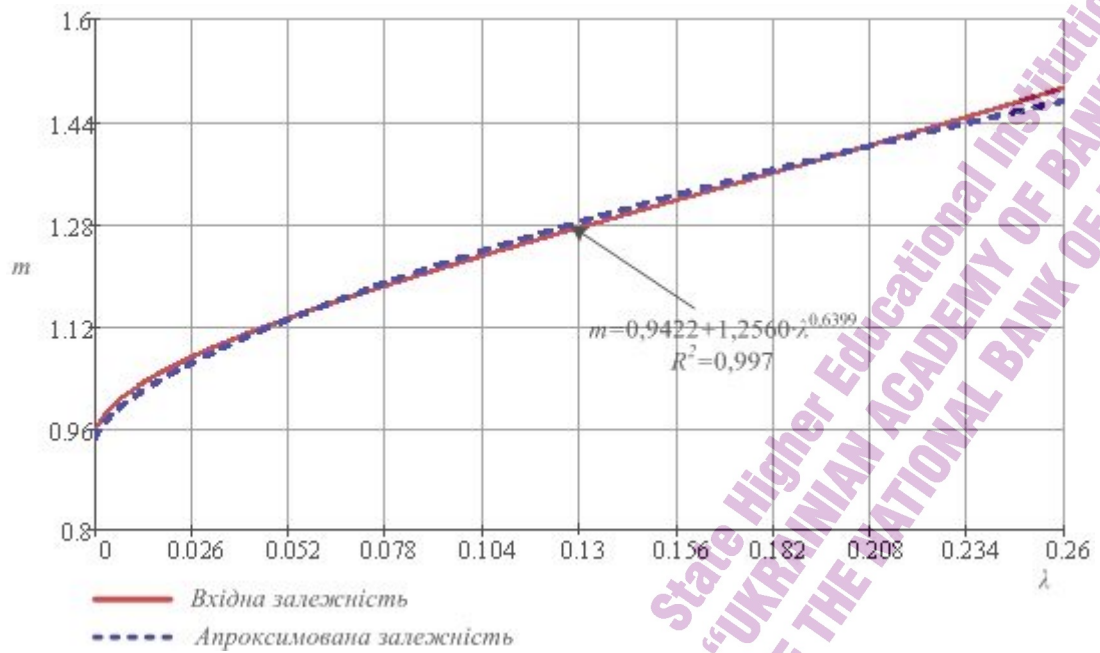


Рисунок 2.18 – Графік вихідної та апроксимованої функції  $m(\lambda)$

Для оцінки адекватності одержаної залежності розглянемо середню і максимальну величину відносного відхилення практично одержаних даних від змодельованих, а також значення коефіцієнта детермінації.

Модель вважатимемо адекватною, якщо відхилення між змодельованими і вихідними даними не перевищуватиме 5%, а коефіцієнт детермінації складе більше 95%.

Оцінку адекватності проведемо як для параметра  $m$ , так і для відповідного значення імовірності укладання угоди.

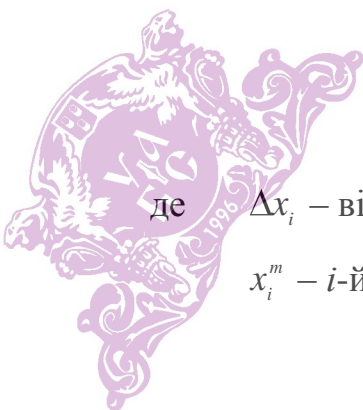
Величину відносного відхилення між змодельованими і вихідними даними розрахуємо за допомогою наступної формули:

$$\Delta x_i = \frac{|x_i^m - x_i^p|}{x_i}, \quad (2.91)$$

$$\bar{x}_i = \frac{x_i^m + x_i^p}{2}, \quad (2.92)$$

де  $\Delta x_i$  – відносне відхилення змодельованих від вихідних даних;

$x_i^m$  –  $i$ -й елемент змодельованих даних;



$x_i^p$  –  $i$ -й елемент вихідних даних.

Середню величину відхилення розрахуємо за допомогою наступної формули:

$$\overline{\Delta x} = \frac{1}{N} \cdot \sum_{i=1}^N \Delta x_i, \quad (2.93)$$

де  $\overline{\Delta x}$  – середня величина відхилення вихідних даних від змодельованих;  
 $N$  – кількість елементів у вибірці.

Коефіцієнт детермінації розрахуємо наступним чином:

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^N (x_i^p - x_i^m)^2}{\sum_{i=1}^N (x_i^p - \bar{x}^p)^2}, \quad (2.94)$$

де  $\bar{x}^p$  – середнє значення для практичних даних.

Результати розрахунків наведено в таблиці 2.2. Вони показують, що запропонована модель достатньо точно описує залежність оптимальної маржі котирування  $m$  від інтенсивності запитів контрагентів  $\lambda$ . У всіх випадках різниця між практичними і змодельованими даними не перевищує 5%, а значення коефіцієнта детермінації складає більше, ніж 95%.

Таблиця 2.2 – Результати оцінки адекватності залежності  $m(\lambda)$

Показник	Значення	
	Для $m$	Для $\rho_d$
Середня величина відносного відхилення	0,66%	0,87%
Максимальна величина відносного відхилення	1,29%	2,58%
Коефіцієнт детермінації	99,71%	99,69%



Оскільки параметр  $\lambda$  є агрегованим ринковим показником, запишемо формулу для розрахунку оптимальної величини доходу з одиниці валюти для заданого стану ринкової кон'юнктури:

$$D = \bar{M} \cdot \left( 0,4711 + 0,1386 \cdot \left( \frac{\sigma_1^2}{\bar{M}^2 \cdot k \cdot N_p} \right)^{0,6399} \right) \quad (2.95)$$

### 2.6.2 Рівняння максимального ринкового прибутку

Виконаємо апроксимацію функції  $g(\lambda)$  у зоні беззбитковості торгівлі за допомогою степеневого тренду виду:

$$g = m_0 \cdot \rho_0 - \left( \frac{\lambda}{b} \right)^a \quad (2.96)$$

Розрахуємо коефіцієнти  $a$  і  $b$ , при яких досягається максимальне значення коефіцієнта детермінації, зафіксувавши значення функції в точках (0,0645; 0,0988) і (0,2256; 0,0123):

$$a = 0,45, \quad (2.97)$$

$$b = 8. \quad (2.98)$$

Тоді рівняння залежності  $g(\lambda)$  прийме вигляд:

$$g = 0,2130 - \left( \frac{\lambda}{8} \right)^{0,45} \quad (2.99)$$

Графік вихідної та апроксимованої функції приведено на рисунку 2.19.



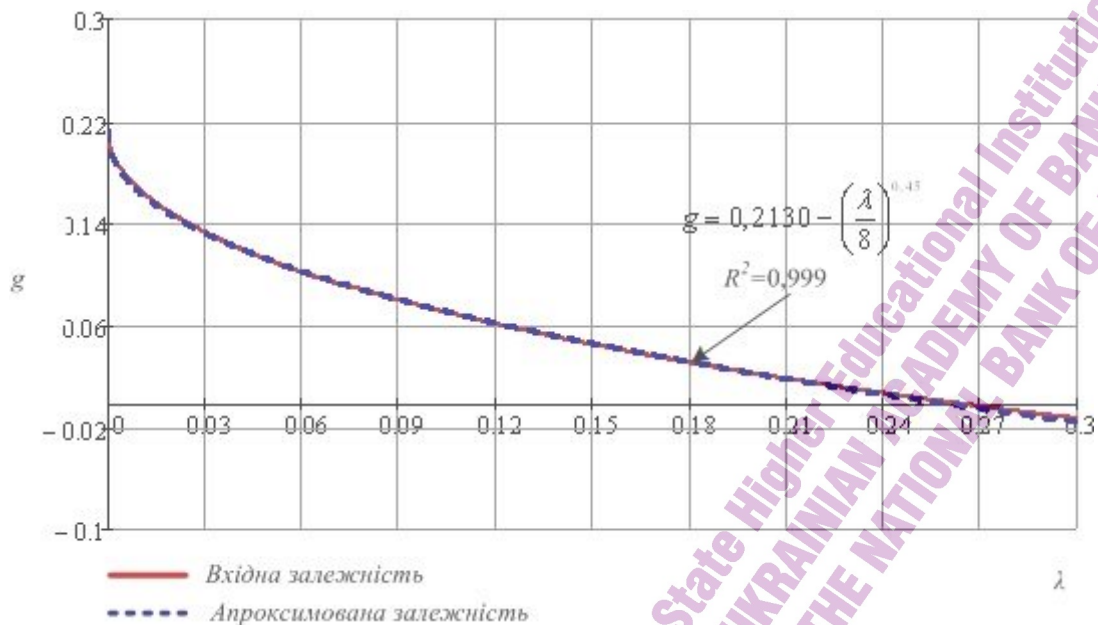


Рисунок 2.19 – Графік вихідної та апроксимованої функції  $g(\lambda)$

Для оцінки адекватності одержаної залежності розглянемо середню і максимальну величину абсолютного відхилення практично одержаних даних від змодельованих, а також значення коефіцієнта детермінації (формула 2.94).

Модель вважатимемо адекватною, якщо абсолютне відхилення між змодельованими і вихідними даними не перевищуватиме 0,05, а коефіцієнт детермінації складе більше 95%.

Величину абсолютного відхилення змодельованих від практичних даних розрахуємо за допомогою формули:

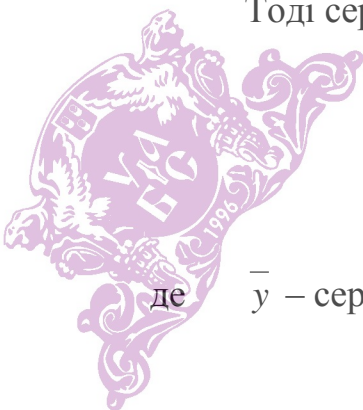
$$y_i = |x_i^m - \bar{x}_i|, \quad (2.100)$$

де  $y_i$  – величина абсолютного відхилення.

Тоді середня величина абсолютного відхилення складе:

$$\bar{y} = \frac{1}{N} \cdot \sum_{i=1}^N y_i, \quad (2.101)$$

де  $\bar{y}$  – середня величина абсолютного відхилення.



Результати розрахунків наведено в таблиці 2.3. Вони показують, що запропонована модель достатньо точно описує залежність прибутку  $g$  від інтенсивності запитів контрагентів  $\lambda$ . У всіх випадках різниця між практичними і змодельованими даними не перевищує 0,05, а значення коефіцієнта детермінації складає більше 95%.

Таблиця 2.3 – Результати оцінки адекватності встановленої залежності

Показник	Значення
Середня величина відхилення	0,0014
Максимальна величина відхилення	0,0030
Коефіцієнт детермінації	99,92%

Застосувавши емпіричну залежність (2.99), можемо розрахувати необхідну кількість контрагентів для забезпечення заданого рівня ринкового прибутку:

$$N_p = \frac{\sigma_1^2}{M^2 \cdot k} \cdot \left( \frac{0,1352}{0,2130 - g} \right)^{1/0,45} \quad (2.102)$$

Використання запропонованих залежностей (2.95) і (2.102) дає можливість оцінити орієнтовні параметри торгівлі різних банків з заданими вхідними характеристиками.



### 3 ПЕРЕВІРКА АДЕКВАТНОСТІ МОДЕЛІ ТА МЕТОДИКИ ПРОЕКТУВАЛЬНИХ РОЗРАХУНКІВ

#### 3.1 Перевірка адекватності моделі

##### 3.1.1 Основні залежності, що потребують перевірки

Для оцінки адекватності одержаної моделі необхідно перевірити:

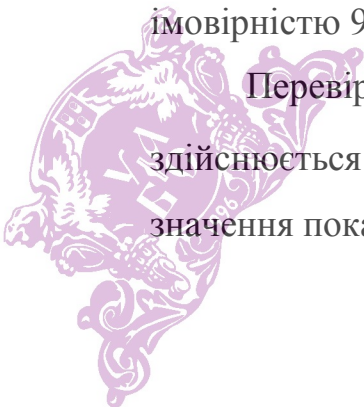
- теоретичну залежність волатильності від інтервалу часу (2.5);
- залежність (2.14), що визначає імовірність закриття позиції спекулянта;
- співвідношення між маржею котирувань і волатильність (2.24);
- припущення щодо оптимальної стратегії спекулянта (2.14, 2.15).

##### 3.1.2 Перевірка залежності для волатильності ринкових цін

Перевірка адекватності проводиться для валют з часткою в обороті ринку більше, ніж 2%. У якості практичних значень параметрів конверсійного ринку використовуються історичні дані котирувань агентства Reuters, довідкові відсоткові ставки одноденних депозитів лондонського міжбанківського ринку LIBOR і дані Банку міжнародних розрахунків про структуру учасників, угоди та платежі.

Модель вважається адекватною, якщо різниця між теоретичними і практичними значеннями не перевищує довірчий інтервал, обумовлений відхиленням практичних значень від їх математичного очікування з імовірністю 95%.

Перевірка гіпотези щодо броунівського випадкового процесу (2.5) здійснюється шляхом порівняння теоретичного  $H$  і практичного  $\bar{H}_p$  значення показника Херста.





Для розрахунків використовуються дані за період з 30.10.2004 по 30.10.2007 з годинним інтервалом. Спочатку розраховується значення стандартного відхилення курсів для наступних бізнес-періодів: бізнес-день, день, спот, тиждень, місяць, квартал, півріччя, рік і два роки. Потім розраховується практичне значення показника Херста за формулою:

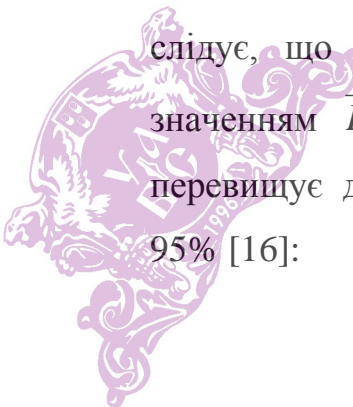
$$H_p = \frac{\ln(\sigma/\sigma_1)}{\ln(T)} \quad (3.1)$$

Із одержаної множини  $H_p$  визначається його математичне очікування для кожного періоду і валютної пари. Результати розрахунків наведені в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Результати оцінки практичного значення показника Херста

Інтервал	EUR/USD	GBP/USD	USD/AUD	USD/JPY	USD/CAD
Бізнес-день (8 годин)	0,486	0,513	0,498	0,502	0,507
Спот (48 годин)	0,521	0,523	0,507	0,516	0,502
Тиждень (5 днів)	0,517	0,526	0,523	0,508	0,500
Місяць (22 дні)	0,507	0,524	0,526	0,502	0,495
Квартал (66 днів)	0,508	0,519	0,502	0,501	0,498
Півріччя (132 дні)	0,507	0,505	0,492	0,489	0,505
Один рік (262 дні)	0,515	0,503	0,495	0,482	0,513
Два роки (524 дні)	0,523	0,490	0,506	0,491	0,502
Значення $H_p$	0,511	0,513	0,507	0,499	0,502

Виходячи з одержаних даних, середньоринкове значення параметра Херста складе  $\bar{H}_p = 0,504$ , а його стандартне відхилення  $\sigma_H = 0,013$ . З цього слідує, що теоретичне значення показника узгоджується з практичним значенням  $H_p$ , а різниця між теоретичним і практичним значенням не перевищує довірчий інтервал відхилення історичних даних з імовірністю 95% [16]:



$$|H - \bar{H}_p| = 0,004 < 1,96 \cdot \sigma_H = 0,025. \quad (3.2)$$

### 3.1.3 Перевірка імовірності закриття позиції контрагента

Перевірка адекватності залежності (2.15) проводиться на основі інформації про методи взаєморозрахунків за конверсіями. Дослідження Банку міжнародних розрахунків показують, що 2007 році платежі за конверсіями в основному врегульовувались централізовано через Банк неперервних взаєморозрахунків (Continuous Linked Settlement Bank) в об'ємі  $V_{CLS}$ , а також на двохсторонній основі з використанням нетінгу (взаємозаліку)  $V_{NET}$  і кореспондентських відносин  $V_{COR}$ .

В рамках моделі вважається, що урегулювання взаємних зобов'язань поставкою грошових сум використовується для відкритих позицій контрагентів, а для закритих використовується взаємозалік. З цього слідує, що практична імовірність закриття позиції для кожної валюти дорівнює питомій вазі взаємозаліку і визначається формулою:

$$\rho_p \approx \frac{V_{NET}}{V_{NET} + V_{COR}}. \quad (3.3)$$

Для одержаної множини значень  $\rho_p$  розраховується математичне очікування  $\bar{\rho}_p$  і стандартне відхилення. Результати представлені в таблиці 3.2.

Розрахунки показують, що значення практичної імовірності закриття позиції складає  $\bar{\rho}_p = 0,221$ , а його стандартне відхилення  $\sigma_p = 0,019$ . Звідси маємо, що теоретичне значення імовірності узгоджується з практичним значенням  $\bar{\rho}_p$ , а різниця між теоретичним і практичним значенням не перевищує довірчий інтервал відхилення статистичних даних з імовірністю 95% [16].

$$|\rho - \rho_p| = 0,005 < 1,96 \cdot \sigma_\rho = 0,038. \quad (3.4)$$

Таблиця 3.2 – Вихідні дані та результати розрахунку практичних значень імовірності закриття позиції

Параметр	USD	EUR/	JPY	GBP	CHF	AUD	CAD
$V_{CIS}, \%$	55	58	62	54	58	58	38
$V_{COR}, \%$	31	29	24	32	26	30	43
$V_{NET},$	8	7	8	9	8	8	13
Інше, %	6	5	6	4	7	3	6
$\rho_p$	0,205	0,194	0,250	0,220	0,235	0,211	0,232

### 3.1.4 Перевірка залежності між маржею і волатильністю

Перевірка залежності (2.24) проводиться шляхом порівняння середнього значення практичної маржі котирування  $\bar{M}_p$  із середнім теоретичним значенням  $\bar{M}_t$  для кожної валютної пари. Для розрахунку  $\bar{M}_t$  використовуються дані Reuters за період з 30.01.2004 по 30.10.2007 з годинним інтервалом. Для кожного інтервалу визначається математичне очікування курсу  $\bar{P}$  і його середньоквадратичне відхилення  $\sigma_1$ . Після цього за формулою (2.24) розраховуються значення  $M_t$ , для одержаної множини значень визначається математичне сподівання  $\bar{M}_t$  і стандартне відхилення за добу  $\sigma_t$ . Величина практичної маржі котирування  $\bar{M}_p$  визначається за історичними даними цін  $P_{Bid}$  і  $P_{Ask}$  за місяць з інтервалом у 5 хвилин. Для початку кожного інтервалу визначається миттєве значення маржі:

$$M_p = P_{Ask} - P_{Bid}. \quad (3.5)$$



На основі одержаної множини  $M_p$  значень розраховується його математичне очікування  $\bar{M}_p$  і стандартне відхилення за добу  $\sigma_m$ . Потім розраховується довірчий інтервал для різниці  $|\bar{M}_p - \bar{M}_t|$  з імовірністю 95%:

$$h_M = 1,96 \cdot \sqrt{\sigma_t^2 + \sigma_m^2}. \quad (3.6)$$

Результати розрахунків приведені в таблиці 3.3. Вони показують, що запропонована модель з достатньою точністю описує параметри зміни обмінних курсів. В усіх випадках різниця між практичними і теоретичними значеннями не перевищує довірчий інтервал відхилення історичних даних від математичного очікування з імовірністю 95% [16].

Таблиця 3.3 – Результати оцінки теоретичної і практичної величини маржі котирування

Параметр	EUR/USD	GBP/USD	USD/AUD	USD/JPY	USD/CAD	USD/CHF
$V, \%$	27	12	6	13	4	5
$T_v, \text{ дні}$	2	2	1,5	1,5	1	2
$\bar{M}_p, \text{ пункти}$	2,68	3,72	3,82	3,24	4,14	2,93
$\bar{M}_t, \text{ пункти}$	2,71	3,89	3,52	3,43	4,31	3,03
$ \bar{M}_p - \bar{M}_t , \text{ пункти}$	0,03	0,18	0,30	0,20	0,08	0,10
$h_M, \text{ пункти}$	0,25	0,26	0,31	0,41	0,37	0,18

### 3.1.5 Перевірка припущення про стратегію спекулянта

Перевіримо співвідношення (2.14), (2.15), що визначають максимально можливий дохід спекулянта (2.16). Перевірка проводиться шляхом порівняння величини практично можливого доходу  $Ds_p$  із розрахованою теоретичною величиною  $Ds_t$ .

Для розрахунку практично можливого доходу використовуються дані Reuters за період з 30.01.2004 по 30.10.2007 з годинним інтервалом. Для



порівнюваності результатів по різних валютних парах величину спостережувані відхилення ціни за інтервал часу скорегуємо на середнє значення ціни за день:

$$x_p = \frac{X_p}{\bar{P}}, \quad (3.7)$$

де  $x_p$  – безрозмірне (скореговане) відхилення ціни за інтервал часу;

$X_p$  – практичне значення відхилення ціни за інтервал часу;

$\bar{P}$  – середнє значення ціни за день.

Для визначення імовірності відхилення ціна на величину  $x_p$  за інтервал часу будується таблиця кумулятивних частот. Розраховуємо величину імовірності потрапляння величини у заданий інтервал за формулою:

$$\rho_{p_i} = \frac{N_i}{N}, \quad (3.8)$$

де  $\rho_{p_i}$  – практична імовірність того, що відхилення ціни за інтервал часу

складе від  $x_{p_i}$  до  $x_{p_{i+1}}$ ;

$N_i$  – кількість спостережень, що потрапили в  $i$ -й інтервал;

$N$  – загальна кількість даних у вибірці.

Визначимо практичні значення співвідношення (2.14):

$$\mu_p = \frac{x_p}{\sigma}. \quad (3.9)$$

Тоді безрозмірний дохід спекулянта складе:

$$ds_p = \mu_p \cdot \rho_p. \quad (3.10)$$



Теоретичну величину доходу  $ds_t$  для різних значень відхилення ціни можемо розрахувати за формулою (2.13).

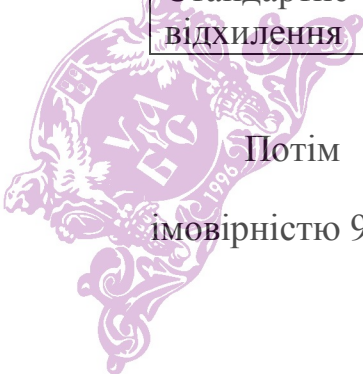
Для одержаної множини значень  $\rho_p$ ,  $\mu_p$  та  $ds_p$  розраховується математичне очікування, стандартне відхилення і величину відносного відхилення практичних даних від одержаних теоретичних значень. Результати представлені в таблиці 3.4.

Результати порівняння практичних і теоретичних даних приведені в таблиці 3.4.

Таблиця 3.4 – Практичні і теоретичні значення максимального доходу спекулянта для різних валютних пар

Параметр	$\mu$	$\rho$	$ds$	$\frac{ \mu_p - \mu_t }{\mu_t}$	$\frac{ \rho_p - \rho_t }{\rho_t}$	$\frac{ ds_p - ds_t }{ds_t}$
Теоретичні дані						
	0,752	0,226	0,170			
Практичні дані			Відхилення, %			
EUR/USD	0,817	0,192	0,157	8,7	15,2	7,9
	0,712	0,228	0,162	5,3	1,0	4,4
GBP/USD	0,695	0,192	0,134	7,5	15,0	21,3
	0,695	0,196	0,136	7,5	13,2	19,7
USD/JPY	0,785	0,204	0,160	4,4	9,8	5,9
	0,785	0,212	0,167	4,4	6,1	2,0
USD/AUS	0,665	0,231	0,154	11,6	2,2	9,6
	0,750	0,212	0,159	0,2	6,1	6,3
USD/CAD	0,668	0,178	0,119	11,1	21,1	29,9
	0,668	0,211	0,141	11,1	6,6	15,0
Середня значення	0,724	0,206	0,149	7,2	9,6	12,4
Стандартне відхилення	0,056	0,017	-	-	-	-

Потім розраховується довірчий інтервал для різниці  $|ds_p - ds_t|$  з імовірністю 95%:



$$h_d = 1,96 \cdot \sqrt{\left(\frac{\sigma_{\mu_p}}{\mu_t}\right)^2 + \left(\frac{\sigma_{\rho_p}}{\rho_t}\right)^2} = 0,205. \quad (3.11)$$

Графічне представлення практично одержаної величини безрозмірного доходу спекулянта для різних валютних пар та 95%-ий довірчий інтервал приведено на рисунку 3.1.

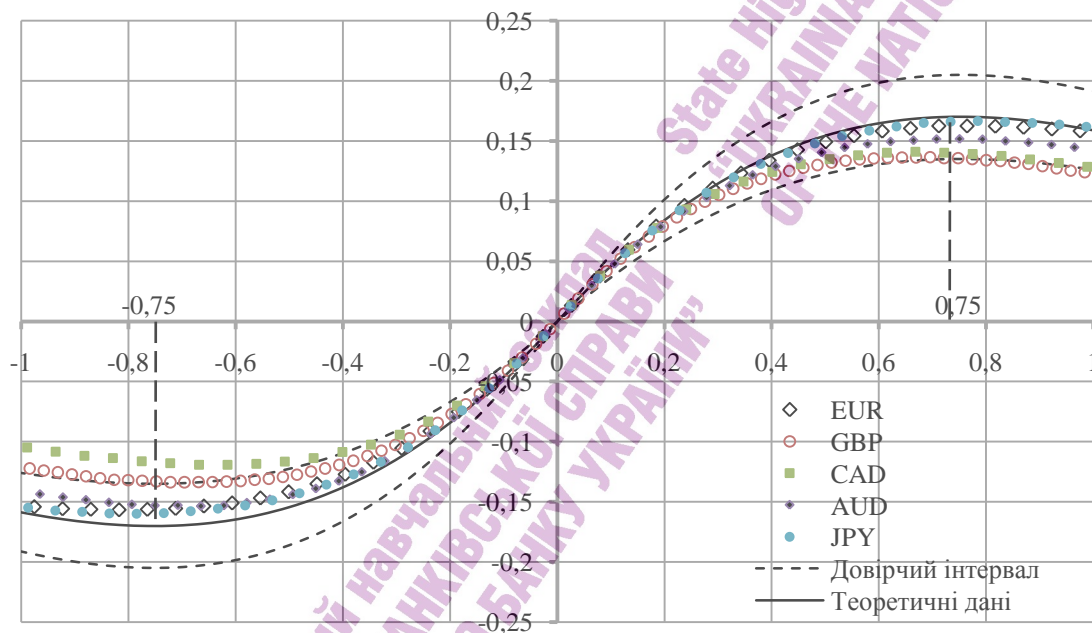


Рисунок 3.1 – Практичний і теоретичний безрозмірний дохід спекулянта

Графік показує, що відхилення валютних курсів за вивчений період не є симетричними. На досліджуваному інтервалі спостерігалось постійне зростання валютних курсів, тобто фактичний закон розподілу не є повністю симетричним, тому можемо вважати адекватність моделі достатньою для практичного використання.



### 3.2 Методика оцінки оптимальних параметрів роботи фронт-офісу при заданій кількості контрагентів

Розглянемо ситуацію, коли банк функціонує в умовах незначної кількості контрагентів. В такому випадку інтенсивність запитів є досить низькою, і відповідно зростає час існування відкритої позиції. Така ситуація є типовою для міжбанківського ринку України.

Сукупність вхідних даних, що відповідають розглянутій ситуації представлена в таблиці 3.5.

Послідовність проведення проектувальних розрахунків для однієї валютної пари наведено в таблиці 3.6, а для агрегованих показників роботи фронт-офісу – у таблиці 3.7.

State Higher Educational Institution  
"UKRAINIAN ACADEMY OF BANKING  
OF THE NATIONAL BANK OF UKRAINE"  
Державний вищий навчальний заклад  
"УКРАЇНЬКА АКАДЕМІЯ БАНКІВСЬКОЇ СПРАВИ  
НАЦІОНАЛЬНОГО БАНКУ УКРАЇНИ"





Таблиця 3.5 – Вхідні дані для проектувальних розрахунків

Величина	Умовне познач.	Валютна пара				
		EUR/USD	GBP/USD	USD/AUD	USD/JPY	USD/CAD
Ринкові параметри						
Грошові одиниці		\$	\$	AUD	¥	CAD
Валютні одиниці		€	£	\$	\$	\$
Курс дол. США, вал. од.	$P$	1,4	1,6	1	1	1
Середнє значення ринкової маржі, гр. од./вал. од.	$\bar{M}$	0,00027	0,00037	0,00038	0,03244	0,00041
Волатильність ринкової ціни за день, гр. од./вал. од.	$\sigma_I$	0,00239	0,00344	0,00178	0,22231	0,00224
Частота коливань ринкової ціни протягом дня	$k$	2,47	2,46	2,71	2,73	2,87
Параметри роботи фронт-офісу						
Кількість контрагентів	$N_p$	50	50	40	40	40
Середній розмір однієї угоди, вал. од.	$Q$	5000000	5000000	5000000	50000	5000000
Нормативна кількість переговорів на одного трейдера за день	$n_c$	75	75	75	75	75
Середній розмір витрат на обслуговування одного робочого місця трейдера на день, \$	$S$	1000	1000	1000	1000	1000
Тривалість операційного дня, днів	$T_I$	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3



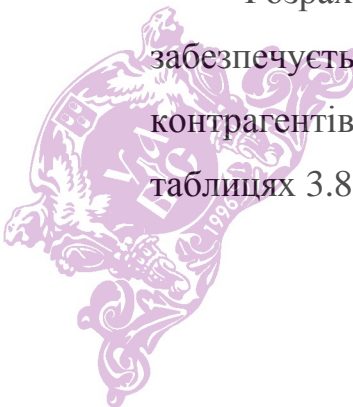
Таблиця 3.6 – Послідовність проведення розрахунків параметрів роботи фронт-офісу за день для окремих валютних пар

Крок	Назва параметру	Формула для розрахунку	Розмірність
1.	Оптимальна величина відхилення ціни від ринкової	$D = \bar{M} \cdot \left( 0,4711 + 0,1386 \cdot \left( \frac{\sigma_1^2}{M^2 \cdot k \cdot N_p} \right)^{0,6399} \right)$	гр. од./вал. од.
2.	Імовірність укладання угоди під час переговорів	$\rho_d = \frac{1}{\pi \cdot \bar{M}} \cdot \int_{2D}^{\infty} e^{-\frac{x^2}{\pi \cdot \bar{M}^2}} dx$	
3.	Очікувана кількість переговорів	$N_c = 1,2261 \cdot k \cdot N_p$	
4.	Очікувана кількість укладених угод	$N_d = \rho_d \cdot N_c$	
5.	Очікуваний час існування відкритої позиції	$T_d = \frac{T_1 \cdot 1440}{N_d}$	хв.
6.	Необхідна кількість трейдерів	$N_t = \frac{N_c}{n_c}$	
7.	Очікувана сума доходу	$D_{\Sigma} = D \cdot Q \cdot N_d$	гр. од.
8.	Очікувана сума ринкових збитків	$L_{\Sigma} = 0,17 \cdot \sigma_1 \cdot Q \cdot \sqrt{N_d}$	гр. од.
9.	Середній розмір постійних витрат	$S_{\Sigma} = \frac{S \cdot N_t}{P}$	гр. од.
10.	Очікувана величина прибутку	$P_{\Sigma} = D_{\Sigma} - L_{\Sigma} - S_{\Sigma}$	гр. од.
11.	Очікувана волатильність ринкових збитків	$\sigma_L = \sigma_1 \cdot Q \cdot P \cdot \sqrt{N_d}$	\$
12.	Імовірність беззбиткової роботи	$\rho_p = \frac{1}{\sigma_L \cdot \sqrt{2\pi}} \cdot \int_0^{\infty} e^{-\frac{(P_{\Sigma}-x)^2}{2\sigma_L^2}} dx.$	

Таблиця 3.7 – Послідовність проектувальних розрахунків агрегованих параметрів роботи фронт-офісу за день

Крок	Назва параметру	Формула для розрахунку	Розмірність
1.	Сумарний дохід	$D_o = \sum_i D_{\Sigma_i} \cdot P_i$	\$
2.	Сумарні ринкові збитки	$L_o = \sum_i L_{\Sigma_i} \cdot P_i$	\$
3.	Сумарні постійні витрати	$S_o = \sum_i S_{\Sigma_i} \cdot P_i$	\$
4.	Сумарний прибуток	$P_o = D_o - L_o - S_o$	\$
5.	Сумарна кількість укладених угод	$N_{d_o} = \sum_i N_{d_i}$	
6.	Сумарна кількість очікуваних переговорів	$N_{c_o} = \sum_i N_{c_i}$	
7.	Середній час існування відкритої позиції	$\bar{T}_d = \frac{T_1 \cdot 1440}{N_{d_o}}$	хв.
8.	Загальна кількість уповноважених трейдерів	$N_{t_o} = \sum_i N_{t_i}$	
9.	Середня імовірність укладання угод	$\rho_o = \frac{N_{d_o}}{N_{c_o}}$	
10.	Очікувана волатильність ринкових збитків	$\sigma_{L_i} = \sqrt{\sum_3 \sigma_{L_i}^2}$	\$
11.	Імовірність беззбиткової роботи	$\rho_{p_o} = \frac{1}{\sigma_{L_o} \cdot \sqrt{2\pi}} \cdot \int_0^{\infty} e^{-\frac{(P_o-x)^2}{2 \cdot \sigma_{L_o}^2}} dx$	
12.	Середня кількість контрагентів (за умови, що кожен контрагент торгує усіма валютами)	$\bar{N}_p = \frac{\sum_i N_{t_i}}{i}$	

Розрахуємо параметри роботи фронт-офісу за день, при яких забезпечується максимальна величина прибутку при заданій кількості контрагентів. Результати проектувальних розрахунків представлені в таблицях 3.8, 3.9.



Таблиця 3.8– Результати проектувальних розрахунків для окремих валютних пар

№ п/п	Величина	Умовне познач.	Одиниця вимір.	Валютна пара				
				EUR/USD	GBP/USD	USD/AUD	USD/JPY	USD/CAD
1.	Оптимальна величина відхилення ціни від ринкової	$D$	гр. од./вал. од.	0,00015	0,00021	0,00020	0,01791	0,00022
2.	Імовірність укладання угоди під час переговорів	$\rho_d$		0,18	0,18	0,20	0,19	0,20
3.	Очікувана кількість переговорів	$N_c$		151,45	150,55	132,75	133,74	140,52
4.	Очікувана кількість укладених угод	$N_d$		27,12	26,58	26,94	25,31	28,01
5.	Необхідна кількість трейдерів	$N_t$		2,02	2,01	1,77	1,78	1,87
6.	Очікуваний час існування відкритої позиції	$T_d$	хв.	17,70	18,06	17,81	18,97	17,14
7.	Очікуваний розмір доходу	$D_\Sigma$	гр. од.	20873	28572	26782	22658	30740
8.	Очікуваний розмір ринкових збитків	$L_\Sigma$	гр. од.	10572	15063	7863	9506	10093
9.	Середній розмір постійних витрат	$S_\Sigma$	гр. од.	1442	1255	1770	1783	1874
10.	Очікувана величина прибутку	$P_\Sigma$	гр. од.	8860	12254	17149	11368	18773
11.	Очікуваний розмір доходу	$D_\Sigma$	\$	29223	45715	26782	22658	30740
12.	Очікуваний розмір ринкових збитків	$L_\Sigma$	\$	14800	24100	7863	9506	10093
13.	Середній розмір постійних витрат	$S_\Sigma$	\$	2019	2007	1770	1783	1874
14.	Очікуваний розмір прибутку	$P_\Sigma$	\$	12403	19607	17149	11368	18773
15.	Очікувана волатильність ринкових збитків	$\sigma_L$	\$	87060	141765	46251	55919	59371
16.	Імовірність беззбиткової роботи	$\rho_P$		0,56	0,56	0,64	0,58	0,62

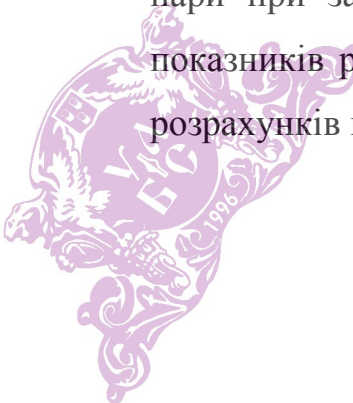


Таблиця 3.9 – Агреговані показники роботи фронт-офісу за день

№ п/п	Величина	Умовне познач.	Одиниця вимір.	Разом
1.	Сумарний дохід	$D_o$	\$	155117
2.	Сумарні ринкові збитки	$L_o$	\$	66362
3.	Сумарні постійні витрати	$S_o$	\$	9453
4.	Сумарний прибуток	$P_o$	\$	79301
5.	Сумарна кількість укладених угод	$N_{d_o}$		134
6.	Сумарна кількість очікуваних переговорів	$N_{e_o}$		709
7.	Середній час існування відкритої позиції	$\overline{T_d}$	хв.	3,58
8.	Загальна кількість уповноважених трейдерів	$N_{t_o}$		9,45
9.	Середня імовірність укладання угод	$\rho_o$		0,19
10.	Очікувана волатильність ринкових збитків	$\sigma_{L_o}$	\$	190965
11.	Імовірність беззбиткової роботи	$\rho_{P_o}$		0,66
12.	Середня кількість контрагентів (за умови, що кожен контрагент торгує усіма валютами)	$\overline{N_p}$		44

### 3.3 Методика оцінки оптимальних параметрів роботи фронт-офісу при заданій кількості трейдерів

Розглянемо ситуацію, характерну для невеликого банку з обмеженою кількістю уповноважених трейдерів. Вхідні дані, що відповідають параметрам роботи такого фронт-офісу, приведено в таблиці 3.10. Послідовність проведення проектувальних розрахунків для однієї валютної пари при заданій кількості трейдерів наведено в таблиці 3.11, а для агрегованих показників роботи фронт-офісу – у таблиці 3.7. Результати проектувальних розрахунків представлені в таблицях 3.12, 3.13.



Таблиця 3.10 – Вхідні дані для проектувальних розрахунків

Величина	Умовне познач.	Валютна пара				
		EUR/USD	GBP/USD	USD/AUD	USD/JPY	USD/CAD
Ринкові параметри						
Грошові одиниці		\$	\$	AUD	¥	CAD
Валютні одиниці		€	£	\$	\$	\$
Курс дол. США, вал. од.	$P$	1,4	1,6	1	1	1
Середнє значення ринкової маржі, гр. од./вал. од.	$\bar{M}$	0,00027	0,00037	0,00038	0,03244	0,00041
Волатильність ринкової ціни за день, гр. од./вал. од.	$\sigma_I$	0,00239	0,00344	0,00178	0,22231	0,00224
Частота коливань ринкової ціни протягом дня	$k$	2,47	2,46	2,71	2,73	2,87
Параметри роботи фронт-офісу						
Кількість уповноважених трейдерів	$N_t$	1	1	1	1	1
Середній розмір однієї угоди, вал. од.	$Q$	5000000	5000000	5000000	50000	5000000
Планове навантаження на одного трейдера за день	$n_c$	75	75	75	75	75
Середній розмір витрат на обслуговування одного робочого місця трейдера на день, \$	$S$	1000	1000	1000	1000	1000
Тривалість операційного дня, днів	$T_1$	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3



Таблиця 3.11– Послідовність проведення розрахунків параметрів роботи фронт-офісу за день для окремих валютних пар

Крок	Назва параметру	Формула для розрахунку	Розмірність
1.	Необхідна кількість переговорів	$N_c = N_t \cdot n_c$	
2.	Необхідна кількість контрагентів	$N_p = \frac{N_c}{1,2261 \cdot k}$	
3.	Оптимальна величина відхилення ціни від ринкової	$D = \bar{M} \cdot \left( 0,4711 + 0,1386 \cdot \left( \frac{\sigma_1^2}{\bar{M}^2 \cdot k \cdot N_p} \right)^{0,6399} \right)$	гр. од./вал. од.
4.	Імовірність укладання угоди під час переговорів	$\rho_d = \frac{1}{\pi \cdot \bar{M}} \cdot \int_{2D}^{\infty} e^{-\frac{x^2}{\pi \cdot \bar{M}^2}} dx$	
5.	Очікувана кількість укладених угод	$N_d = \rho_d \cdot N_c$	
6.	Очікуваний час існування відкритої позиції	$T_d = \frac{T_1 \cdot 1440}{N_d}$	хв.
7.	Очікувана сума доходу	$D_{\Sigma} = D \cdot Q \cdot N_d$	гр. од.
8.	Очікувана сума ринкових збитків	$L_{\Sigma} = 0,17 \cdot \sigma_1 \cdot Q \cdot \sqrt{N_d}$	гр. од.
9.	Середній розмір постійних витрат	$S_{\Sigma} = \frac{S \cdot N_t}{P}$	гр. од.
10.	Очікувана величина прибутку	$P_{\Sigma} = D_{\Sigma} - L_{\Sigma} - S_{\Sigma}$	гр. од.
11.	Очікувана волатильність ринкових збитків	$\sigma_L = \sigma_1 \cdot Q \cdot P \cdot \sqrt{N_d}$	\$
12.	Імовірність беззбиткової роботи	$\rho_p = \frac{1}{\sigma_L \cdot \sqrt{2\pi}} \cdot \int_0^{\infty} e^{-\frac{(P_{\Sigma}-x)^2}{2 \cdot \sigma_L^2}} dx.$	



Таблиця 3.12 – Результати проектувальних розрахунків для окремих валютних пар

№ п/п	Величина	Умовне познач.	Одиниця вимір.	Валютна пара				
				EUR/USD	GBP/USD	USD/AUD	USD/JPY	USD/CAD
1.	Необхідна кількість переговорів	$N_c$		75	75	75	75	75
2.	Необхідна кількість контрагентів	$N_p$		24,76	30,54	27,71	27,50	26,18
3.	Оптимальна величина відхилення ціни від ринкової	$D$	гр. од./вал. од.	0,00017	0,00023	0,00020	0,01862	0,00023
4.	Імовірність укладання угоди під час переговорів	$\rho_d$		0,16	0,16	0,20	0,18	0,19
5.	Очікувана кількість укладених угод	$N_d$		11,65	12,01	14,78	13,49	14,35
6.	Час існування відкритої позиції	$T_d$	хв.	41,21	39,98	32,47	35,57	33,44
7.	Очікуваний розмір доходу	$D_\Sigma$	гр. од.	9892	13816	15064	12560	16290
8.	Очікуваний розмір ринкових збитків	$L_\Sigma$	гр. од.	6928	10123	5824	6941	7225
9.	Середній розмір постійних витрат	$S_\Sigma$	гр. од.	714	625	1000	1000	1000
10.	Очікувана величина прибутку	$P_\Sigma$	гр. од.	2249	3068	8241	4619	8065
11.	Очікуваний розмір доходу	$D_\Sigma$	\$	13849	22106	15064	12560	16290
12.	Очікуваний розмір ринкових збитків	$L_\Sigma$	\$	9700	16197	5824	6941	7225
13.	Середній розмір постійних витрат	$S_\Sigma$	\$	1000	1000	1000	1000	1000
14.	Очікуваний розмір прибутку	$P_\Sigma$	\$	3149	4909	8241	4619	8065
15.	Очікувана волатильність ринкових збитків	$\sigma_L$	\$	57057	95276	34257	40832	42502
16.	Імовірність беззбиткової роботи	$\rho_P$		0,52	0,52	0,60	0,55	0,58



Таблиця 3.13– Агреговані показники роботи фронт-офісу за день

№ п/п	Величина	Умовне познач.	Одиниця вимір.	Разом
1.	Сумарний дохід	$D_o$	\$	79870
2.	Сумарні ринкові збитки	$L_o$	\$	45887
3.	Сумарні постійні витрати	$S_o$	\$	5000
4.	Сумарний прибуток	$P_o$	\$	28983
5.	Сумарна кількість укладених угод	$N_{d_o}$		66
6.	Сумарна кількість очікуваних переговорів	$N_{e_o}$		375
7.	Середній час існування відкритої позиції	$\overline{T_d}$	хв.	7,24
8.	Загальна кількість уповноважених трейдерів	$N_{t_o}$		5
9.	Середня імовірність укладання угод	$\rho_o$		0,18
10.	Очікувана волатильність ринкових збитків	$\sigma_{L_o}$	\$	130308
11.	Імовірність беззбиткової роботи	$\rho_{P_o}$		0,59
12.	Середня кількість контрагентів (за умови, що кожен контрагент торгує усіма валютами)	$\overline{N_p}$		27,34

3.4 Методика оцінки оптимальних параметрів роботи фронт-офісу при заданому рівні ринкового прибутку

Розглянемо ситуацію, коли банк може собі дозволити співпрацю із досить великою кількістю контрагентів, при цьому дилінговий зал такого банку може налічувати декілька сотень трейдерів. Одним із ключових показників для такого банку може бути рівень ринкового прибутку, який він одержує. Розглянемо банк із наступними вхідними характеристиками (таблиця 3.14). Така ситуація є характерною для найбільших банків. Послідовність проведення проектувальних розрахунків для однієї валютної пари при заданому рівні ринкового прибутку наведено в таблиці 3.15. Результати проектувальних розрахунків представлені в таблицях 3.16-3.17.

Таблиця 3.14 – Вхідні дані для проектувальних розрахунків

Величина	Умовне познач.	Валютна пара				
		EUR/USD	GBP/USD	USD/AUD	USD/JPY	USD/CAD
Ринкові параметри						
Грошові одиниці		\$	\$	AUD	¥	CAD
Валютні одиниці		€	£	\$	\$	\$
Курс дол. США, вал. од.	$P$	1,4	1,6	1	1	1
Середнє значення ринкової маржі, гр. од./вал. од.	$\bar{M}$	0,00027	0,00037	0,00038	0,03244	0,00041
Волатильність ринкової ціни за день, гр. од./вал. од.	$\sigma_I$	0,00239	0,00344	0,00178	0,22231	0,00224
Частота коливань ринкової ціни протягом дня	$k$	2,47	2,46	2,71	2,73	2,87
Параметри роботи фронт-офісу						
Рівень ринкового прибутку	$g$	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18
Середній розмір однієї угоди, вал. од.	$Q$	5000000	5000000	5000000	50000	5000000
Нормативна кількість переговорів на одного трейдера за день	$n_c$	75	75	75	75	75
Середній розмір витрат на обслуговування одного робочого місця трейдера на день, \$	$S$	1000	1000	1000	1000	1000
Тривалість операційного дня, днів	$T_I$	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3



Таблиця 3.15 – Послідовність проведення розрахунків параметрів роботи фронт-офісу за день для окремих валютних пар

Крок	Назва параметру	Формула для розрахунку	Розмірність
1.	Необхідна кількість контрагентів	$N_p = \frac{\sigma_1^2}{\bar{M}^2} \cdot k \cdot \left( \frac{0,1352}{0,2130 - g} \right)^{1/0,45}$	
2.	Оптимальна величина відхилення ціни від ринкової	$D = \bar{M} \cdot \left( 0,4711 + 0,1386 \cdot \left( \frac{\sigma_1^2}{\bar{M}^2 \cdot k \cdot N_p} \right)^{0,6399} \right)$	гр. од./вал. од.
3.	Імовірність укладання угоди під час переговорів	$\rho_d = \frac{1}{\pi \cdot \bar{M}} \cdot \int_{2D}^{\infty} e^{-\frac{x^2}{\pi \cdot \bar{M}^2}} dx$	
4.	Очікувана кількість переговорів	$N_c = 1,2261 \cdot k \cdot N_p$	
5.	Очікувана кількість укладених угод	$N_d = \rho_d \cdot N_c$	
6.	Необхідна кількість уповноважених трейдерів	$N_t = \frac{N_c}{n_c}$	
1.	Очікуваний час існування відкритої позиції	$T_d = \frac{T_1 \cdot 1440}{N_d}$	хв.
2.	Очікувана сума доходу	$D_{\Sigma} = D \cdot Q \cdot N_d$	гр. од.
3.	Очікувана сума ринкових збитків	$L_{\Sigma} = 0,17 \cdot \sigma_1 \cdot Q \cdot \sqrt{N_d}$	гр. од.
4.	Середній розмір постійних витрат	$S_{\Sigma} = \frac{S \cdot N_t}{P}$	гр. од.
5.	Очікувана величина прибутку	$P_{\Sigma} = D_{\Sigma} - L_{\Sigma} - S_{\Sigma}$	гр. од.
6.	Очікувана волатильність ринкових збитків	$\sigma_L = \sigma_1 \cdot Q \cdot P \cdot \sqrt{N_d}$	\$
7.	Імовірність беззбиткової роботи	$\rho_p = \frac{1}{\sigma_L \cdot \sqrt{2\pi}} \cdot \int_0^{\infty} e^{-\frac{(P_{\Sigma} - x)^2}{2 \cdot \sigma_L^2}} dx.$	

Таблиця 3.16 – Результати проектувальних розрахунків для окремих валютних пар

№ п/п	Величина	Умовне познач.	Одиниця вимір.	Валютна пара				
				EUR/USD	GBP/USD	USD/AUD	USD/JPY	USD/CAD
1.	Необхідна кількість контрагентів	$N_p$		740,60	807,86	184,55	394,69	233,83
2.	Оптимальна величина відхилення ціни від ринкової	$D$	гр. од./вал. од.	0,00013	0,00018	0,00019	0,01589	0,00020
3.	Імовірність укладання угоди під час переговорів	$\rho_d$		0,22	0,22	0,22	0,22	0,22
4.	Очікувана кількість переговорів	$N_c$		2243	2432	612	1320	821
5.	Очікувана кількість укладених угод	$N_d$		487,31	528,40	133,05	286,67	178,45
6.	Необхідна кількість трейдерів	$N_t$		29,91	32,43	8,17	17,60	10,95
7.	Час існування відкритої позиції	$T_d$	хв.	0,98	0,91	3,61	1,67	2,69
8.	Очікуваний розмір доходу	$D_\Sigma$	гр. од.	319024	478082	124376	227753	181348
9.	Очікуваний розмір ринкових збитків	$L_\Sigma$	гр. од.	44816	67160	17472	31994	25475
10.	Середній розмір постійних витрат	$S_\Sigma$	гр. од.	21365	20270	8166	17595	10953
11.	Очікувана величина прибутку	$P_\Sigma$	гр. од.	252843	390652	98738	178163	144920
12.	Очікуваний розмір доходу	$D_\Sigma$	\$	446633	764932	124376	227753	181348
13.	Очікуваний розмір ринкових збитків	$L_\Sigma$	\$	62742	107456	17472	31994	25475
14.	Середній розмір постійних витрат	$S_\Sigma$	\$	29910	32432	8166	17595	10953
15.	Очікуваний розмір прибутку	$P_\Sigma$	\$	353981	625043	98738	178163	144920
16.	Очікувана волатильність ринкових збитків	$\sigma_L$	\$	369072	632095	102777	188202	149855
17.	Імовірність беззбиткової роботи	$\rho_P$		0,83	0,84	0,83	0,83	0,83



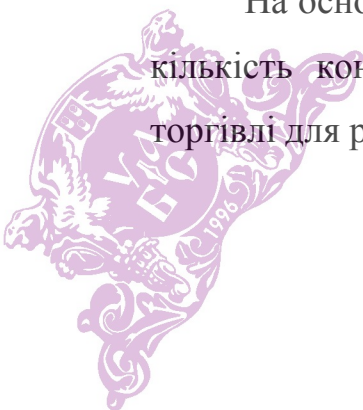
Таблиця 3.17 – Агреговані показники роботи фронт-офісу за день

№ п/п	Величина	Умовне познач.	Одиниця вимір.	Разом
1.	Сумарний дохід	$D_o$	\$	1745042
2.	Сумарні ринкові збитки	$L_o$	\$	245140
3.	Сумарні постійні витрати	$S_o$	\$	99057
4.	Сумарний прибуток	$P_o$	\$	1400845
5.	Сумарна кількість укладених угод	$N_{d_o}$		7429
6.	Сумарна кількість очікуваних переговорів	$N_{e_o}$		1614
7.	Середній час існування відкритої позиції	$\overline{T_d}$	хв.	0,30
8.	Загальна кількість уповноважених трейдерів	$N_{t_o}$		99
9.	Середня імовірність укладання угод	$\rho_o$		0,22
10.	Очікувана волатильність ринкових збитків	$\sigma_{L_o}$	\$	777302
11.	Імовірність беззбиткової роботи	$\rho_{P_o}$		0,96
12.	Середня кількість контрагентів (за умови, що кожен контрагент торгує усіма валютами)	$\overline{N_p}$		472,31

### 3.5 Рекомендації по організації бізнес-процесів дилінгової служби банку

Застосування розроблених методик проектувальних розрахунків дає можливість оцінити орієнтовні показники роботи фронт-офісів різних банків умови максимізації прибутку та дати практичні рекомендації щодо оптимізації бізнес-процесів дилінгової служби банку.

На основі статистичних даних (таблиця 1.2) було визначено мінімальну кількість контрагентів, при якій забезпечується можливість беззбиткової торгівлі для різних валютних пар.



Таблиця 3.18 – Гранична кількість контрагентів для різних валютних пар

Валютна пара	Кількість контрагентів
EUR/USD	11,71
GBP/USD	12,78
USD/AUD	2,92
USD/JPY	6,24
USD/CAD	3,67

На основі програмної реалізації запропонованої методики (таблиці 3.6, 3.7) з використанням середовища MS Excel (Додаток Е) було оцінено імовірність беззбиткової роботи і середній час існування відкритої позиції по кожній валютній парі окремо і в цілому по офісу в залежності від обсягів контрагентної бази банку (рисунок 3.2, 3.3)

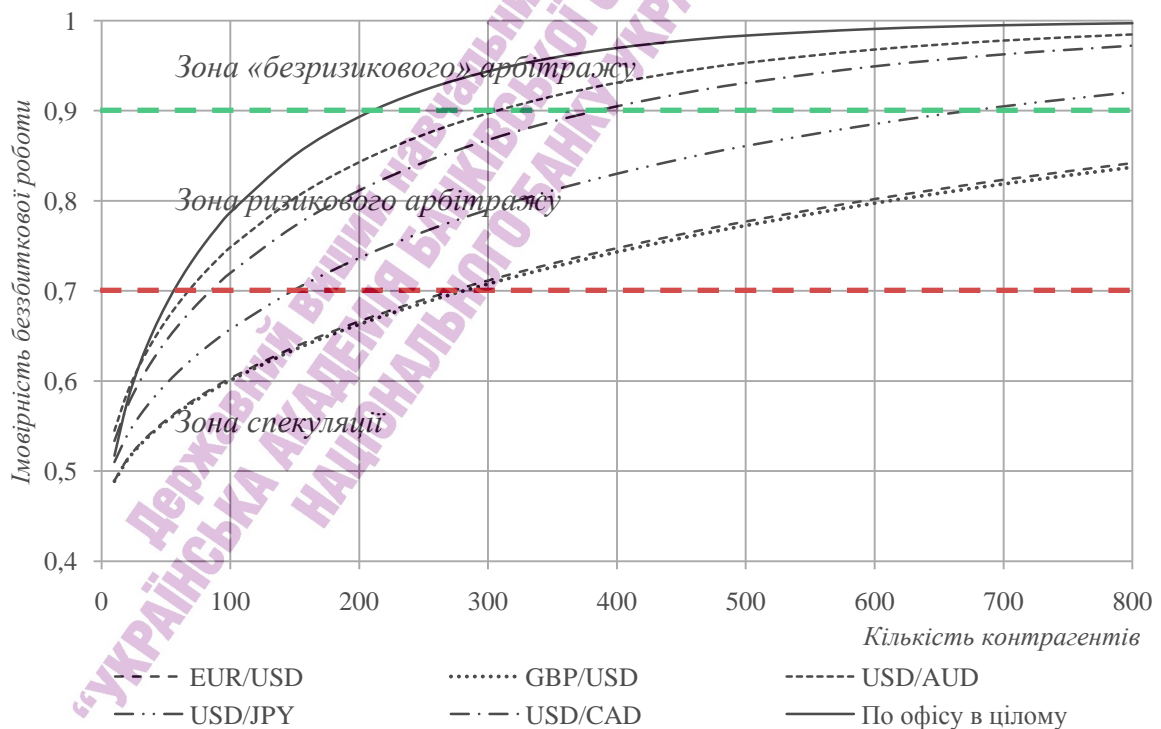


Рисунок 3.2 – Імовірність беззбиткової роботи фронт-офісу при різній кількості контрагентів



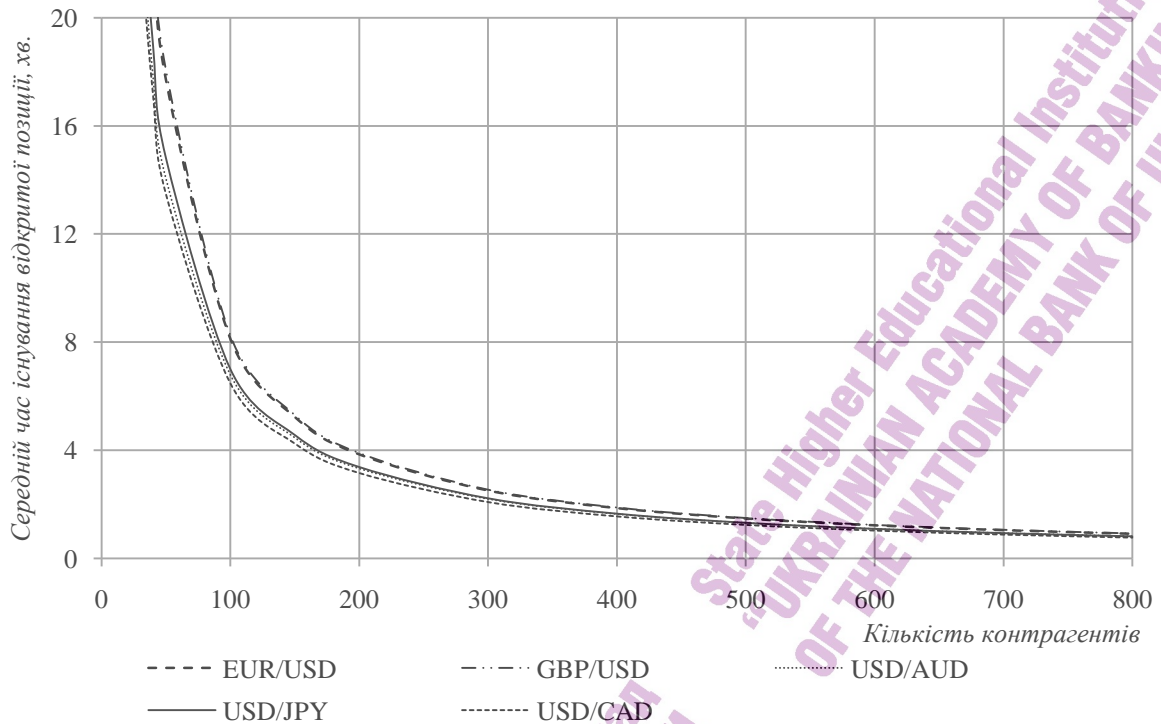
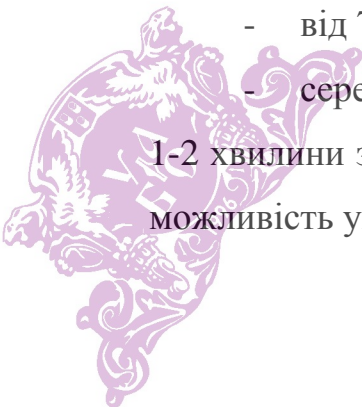


Рисунок 3.3 – Середній час існування відкритої позиції при різній кількості контрагентів, хв.

Одержані результати дають можливість порівняти роботу фронт-офісів різних банків. Для банків, кількість контрагентів яких менше 200 безризиковий арбітраж є неможливим, оскільки існує досить тривалий проміжок часу між закриттям і відкриттям позиції по різних валютах. В цілому, щоб забезпечити відносну стабільність прибутку, необхідно мати біля 600 контрагентів по кожній із валютних пар, при цьому середній час відкритої позиції по валюті не повинен перевищувати 1-1,5 хвилини.

За допомогою розробленої методики можемо створити гіпотетичний образ одного з найбільших банків світу. Для такого банку характерні наступні показники роботи:

- від 700 контрагентів для торгівлі однією валютою ринку спот;
- середній час існування відкритої позиції по кожній валюті складає 1-2 хвилини з урахуванням 24-годинного робочого дня, що в середньому дає можливість укладати 1-2 угоди за хвилину;



- такий банк потребує біля 150 робочих місць трейдерів лише для обслуговування транзакцій спот по основним валютам;
- в середньому кількість проведених переговорів за протягом робочого дня складає біля 11000. Кожні п'яті переговори завершуються укладанням угоди, що в середньому дає біля 2500 угод;
- рівень беззбитковості такого офісу близький до 1, а по окремих валютних парах складає 0,82-0,98.

Такі показники роботи можуть бути характерними для найбільших банків світу, таких як Citibank, Commerzbank, Deutsche Bank.

State Higher Educational Institution  
“UKRAINIAN ACADEMY OF BANKING”  
OF THE NATIONAL BANK OF UKRAINE”

Державний вищий навчальний заклад  
“УКРАЇНЬКА АКАДЕМІЯ БАНКІВСЬКОЇ СПРАВИ  
НАЦІОНАЛЬНОГО БАНКУ УКРАЇНИ”





## ВИСНОВКИ

Під час виконання роботи було проаналізовано бізнес-процеси дилінгової служби банку і запропоновано математичну модель, що описує зв'язки між параметрами основних бізнес-процесів.

Дослідження розробленої моделі дало можливість визначити умови максимізації прибутку арбітражера і запропонувати емпіричні залежності, що описують взаємозв'язки між параметрами роботи фронт-офісу при оптимальній ціновій політиці.

На основі одержаних залежностей було розроблено методики розрахунків, що дозволяють по заданим параметрам оцінити необхідну кількість контрагентів, кількість трейдерів, орієнтовні результати торгівлі та імовірність одержання таких результатів, а також дає рекомендації щодо оптимальної величини котирувань.

Проведені дослідження показали, що основними напрямками збільшення ефективності валютного дилінгу як банківського бізнесу є розширення контрагентної бази. Для досягнення беззбиткової роботи фронт-офісу понад 90% лише для ринку транзакцій спот необхідно декілька сотень трейдерів, що обслуговують тисячі контрагентів. Такі масштаби торгівлі є характерними для найбільших світових банків.

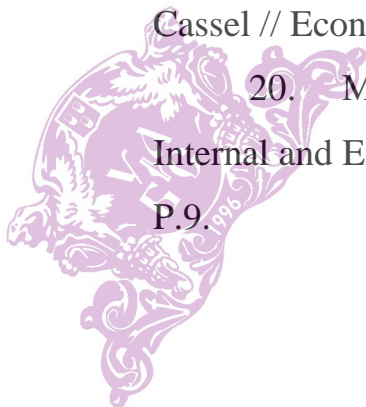


## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Mishkin, Frederic S. The economics of money, banking, and financial markets [Text] / Frederic S. Mishkin. – Columbia, 2004. – 850 p. – ISBN 0-321-12235-6.
2. Triennial Central Bank Survey. Foreign exchange and derivatives market activity in 2007 [Electronic resource] / Bank for International Settlements. – Access mode: <http://www.bis.org/publ/rpfx07t.pdf>. – Title from screen.
3. Державний комітет статистики України [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://www.ukrstat.gov.ua/> – Заголовок з екрану.
4. Лиховидов, В.Н. Фундаментальный анализ мировых валютных рынков: методы прогнозирования и принятия решений [Текст]: учеб. пособие / В.Н. Лиховидов. – Владивосток, 1999. – 234 с.
5. Валютный и денежный рынок. Курс для начинающих (Серия Reuters для финансистов) [Текст] / Пер. с англ. – М.: Альпина Паблишер, 2002. – 340 с.
6. Пискулов, Д.Ю. Теория и практика валютного дилинга [Текст]: прикладное пособие / Д.Ю. Пискулов. – М.: ИНФРА-М, 1995. – 208 с. – ISBN 5-86225-148-0.
7. FX poll 2009 press release: Embattled banks boosted by performance in booming FX markets [Electronic resource] / Euromoney – Access mode: <http://www.euromoney.com/Article/2194110/Category/16/ChannelPage/0/FX-poll-2009-Embattled-banks-boosted-by-performance-in-booming-FX-markets.html> – Title from screen.
8. Hoontrakul, P. Exchange Rate Theory : A Review [Text] / P. Hoontrakul. – Sasin-GIBA, Chulalongkorn University, Thailand, 1999. – 43 p.
9. Kanamori, T. The Renminbi Exchange Rate Revaluation: Theory, Practice and Lessons from Japan [Text] / T. Kanamori, Z. Zhao. – ADBI, Chiyodaku, Tokyo, 2006. – 143 p. – ISBN: 4-89974-010-7.



10. FOREX. Учебник по валютному дилингу [Текст] – Los Angeles, California, 2001. – 116 с.
11. Теоретический курс «Основы работы на рынке FOREX» [Текст] – Москва, 2004. – 122 с.
12. Суворов, С.Г. Азбука валютного дилинга [Текст] / С.Г. Суворов. – СПб.: Издательство С.-Петербургского университета, 1998. – 296 с. – ISBN 5-288-01794-8.
13. Киреев, А.П. Международная экономика, ч. 2. [Текст]: уч. пособие / А.П. Киреев. – М.: Международные отношения, 2001. – 488 с. – ISBN 5-7133-1028-0.
14. Глоссарий процессного управления: Нотации семейства IDEF [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.piter-soft.ru/167.html> – Загл. с экрана.
15. IDEF0: How to understand it [Electronic source]. – Access mode : [http://syque.com/quality\\_tools/toolbook/IDEF0/how.htm](http://syque.com/quality_tools/toolbook/IDEF0/how.htm) – Title from screen.
16. Новак, С.Н. Модель стохастического равновесия на конверсионном рынке [Текст] / С.Н. Новак // Сучасні та перспективні методи і моделі управління в економіці. – Суми: ДВНЗ «УАБС НБУ», 2008. – Ч.1. – 232 с. – ISBN 978-966-8958-33-5.
17. Дубин-Барковский, И.В. Теория вероятностей и математическая статистика в технике (общая часть) [Текст] / И.В. Дубин-Барковский, Н.В. Смирнов. – М.: Гос. изд. технико-теоретической литературы, 1955. – 556с.
18. Седов, Л.И. Методы подобия и размерности в механике [Текст] / Л.И. Седов. – М.: Наука, 1987. – 430с.
19. Cassel, G. Abnormal Deviations in International Exchange [Text] / G. Cassel // Economic Journal, 1918. – P.28.
20. Mundell, R.A. The Approach Use of Monetary and Fiscal Policy for Internal and External Stability [Text] / R.A. Mundell // IMF Staff Papers. – 1962. – P.9.



21. Кирьянов, Д.В. Самоучитель Mathcad 11 [Текст] / Д.В. Кирьянов. – СПб.: БХВ-Петербург, 2003. – 560 с.
22. Дьяконов, В.В. Mathcad 2000: Учебный курс [Текст] / В.В. Дьяконов. – СПб.: Питер, 2001. – 592с.
23. Маклаков, С.В. Создание информационных систем с AllFusion Modeling Suite [Текст] / С.В. Маклаков. – М.: ДИАЛОГ-МИФИ, 2003 – 432 с.
24. Вентцель, Е.С. Теория вероятностей [Текст] / Е.С. Вентцель. – М.: Наука, 1969. – 576 с.
25. Fleming, J.M. Domestic Financial Policies under Fixed and under Floating Exchange Rates [Text] / J.M. Fleming // IMF Staff Papers. – 1962. – P.9.

State Higher Educational Institution  
“UKRAINIAN ACADEMY OF BANKING  
OF THE NATIONAL BANK OF UKRAINE”

Державний вищий навчальний заклад  
“УКРАЇНСЬКА АКАДЕМІЯ БАНКІВСЬКОЇ СПРАВИ  
НАЦІОНАЛЬНОГО БАНКУ УКРАЇНИ”





## ДОДАТКИ

## Додаток А

Лістинг А.1 – Чисельне моделювання прибутку фронт-офісу

**Чисельне моделювання прибутку фронт-офісу**

Моделювана залежність:

$$p(m, \lambda, s) := \frac{m}{\pi} \int_m^{\infty} e^{-\frac{x^2}{\pi}} dx - \sqrt{\frac{\lambda}{\pi}} \int_m^{\infty} e^{-\frac{x^2}{\pi}} dx - s \quad - \text{функція безрозмірного прибутку}$$

**Вхідні параметри для моделювання:**

- $N := 1500$  - кількість кроків моделі  
 $h := \frac{5}{N}$  - величина кроку  
 $i := 1..N$  - змінна для індексації  
 $m_1 := h \cdot i$  - критерій подібності котирувань  
 $s := 0.05$  - критерій подібності постійних витрат

Критерій подібності інтенсивності котирувань:

- $\lambda_1 := 0.01$     $\lambda_3 := 0.03$     $\lambda_5 := 0.05$   
 $\lambda_2 := 0.02$     $\lambda_4 := 0.04$     $\lambda_6 := 0.06$

**Розрахунок безрозмірного прибутку при різних значеннях вхідних параметрів:**

$$\begin{aligned} p_{1_1} &:= p(m_1, \lambda_1, s) & p_{3_1} &:= p(m_1, \lambda_3, s) & p_{5_1} &:= p(m_1, \lambda_5, s) \\ p_{2_1} &:= p(m_1, \lambda_2, s) & p_{4_1} &:= p(m_1, \lambda_4, s) & p_{6_1} &:= p(m_1, \lambda_6, s) \end{aligned}$$

**Пошук екстремуму функції безрозмірного прибутку для обраного значення критерію подібності запитів контрагентів:**

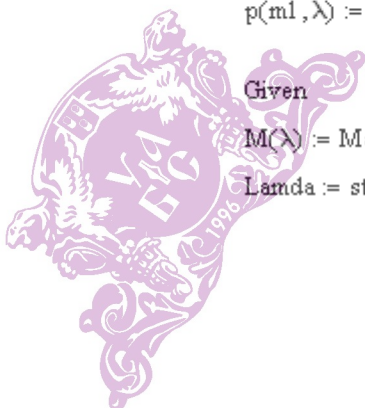
$m_1 := 1$

$$p(m_1, \lambda) := \frac{m_1}{\pi} \int_{m_1}^{\infty} e^{-\frac{x^2}{\pi}} dx - \sqrt{\frac{\lambda}{\pi}} \int_{m_1}^{\infty} e^{-\frac{x^2}{\pi}} dx - s$$

Given

$M(\lambda) := \text{Maximize}(p, m_1)$

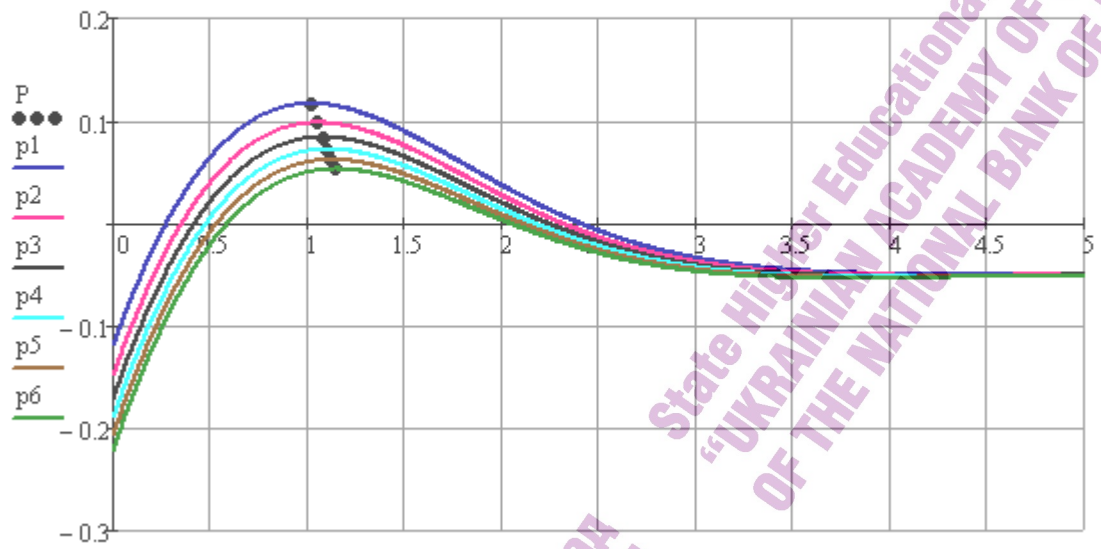
$\text{Lamda} := \text{stack}(\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3, \lambda_4, \lambda_5, \lambda_6)$



$j := 1..6$

$Maximum_j := M(Lambda_j)$

$P_j := p(Maximum_j, Lambda_j)$



Maximum, m

State Higher Educational Institution  
"UKRAINIAN ACADEMY OF BANKING  
OF THE NATIONAL BANK OF UKRAINE"  
Державний вищий навчальний заклад  
"УКРАЇНЬКА АКАДЕМІЯ БАНКІВСЬКОЇ СПРАВИ  
НАЦІОНАЛЬНОГО БАНКУ УКРАЇНИ"



## Додаток Б

## Лістинг Б.1 – Чисельне моделювання доходу фронт-офісу

**Чисельне моделювання доходу фронт-офісу**

Моделювана залежність:

$$\rho(m) := \frac{1}{\pi} \int_m^{\infty} \frac{-x^2}{e^{\frac{x^2}{\pi}}} dx \quad - \text{імовірність укладання угоди}$$

$$d(m) := m \cdot \left( \frac{1}{\pi} \int_m^{\infty} \frac{-x^2}{e^{\frac{x^2}{\pi}}} dx \right) \quad - \text{функція безрозмірного доходу}$$

**Вхідні параметри для моделювання:**

$N := 1500$  - кількість кроків моделі

$h := \frac{5}{N}$  - величина кроку

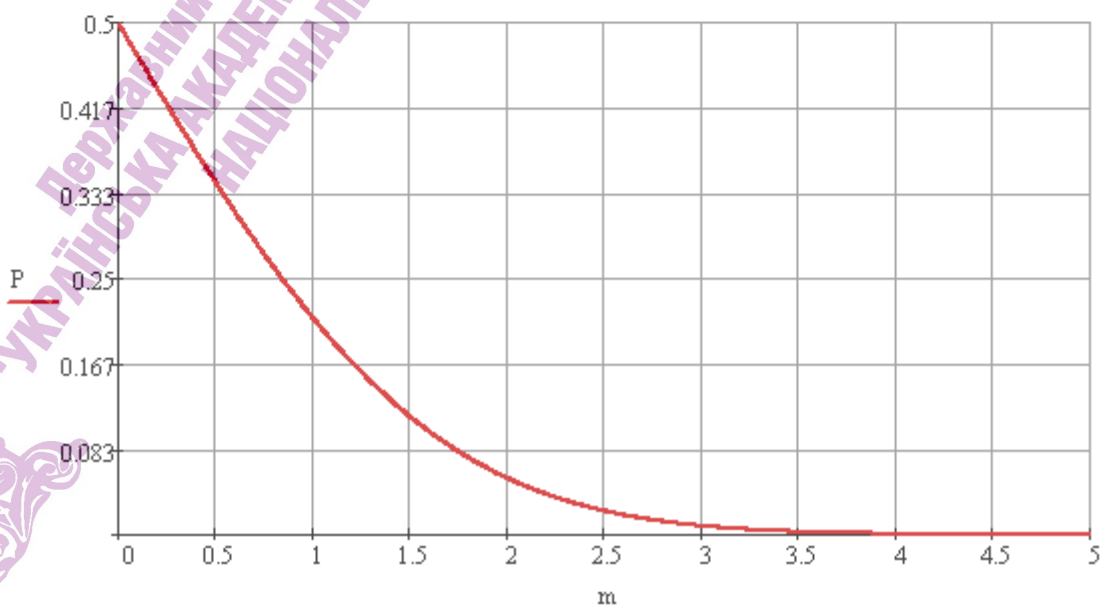
$i := 1..N$  - змінна для індексації

$m_1 := h \cdot i$  - критерій подібності котирувань

**Розрахунки:**

$P_1 := \rho(m_1)$  - імовірність укладання угоди

$d_1 := d(m_1)$  - безрозмірний дохід фронт-офісу





State Higher Educational Institution  
"UKRAINIAN ACADEMY OF BANKING  
OF THE NATIONAL BANK OF UKRAINE"

Державний вищий навчальний заклад  
"УКРАЇНСЬКА АКАДЕМІЯ БАНКІВСЬКОЇ СПРАВИ  
НАЦІОНАЛЬНОГО БАНКУ УКРАЇНИ"





## Додаток В

## Лістинг В.1 – Чисельне моделювання ринкових збитків фронт-офісу

*Чисельне моделювання ринкових збитків фронт-офісу*

Моделювана залежність:

$$I(\lambda, m) := \sqrt{\frac{\lambda}{\pi}} \int_m^{\infty} e^{-\frac{x^2}{\pi}} dx \quad - \text{функція безрозмірних ринкових збитків}$$

*Параметри моделювання:*

$N := 1500$  - кількість кроків моделі

$h := \frac{5}{N}$  - величина кроку

$i := 1..N$  - змінна для індексації

*Розрахунок безрозмірних ринкових збитків при фіксованому значенні критерію подібності інтенсивності запитів контрагентів*

*Вхідні дані:* Критерій подібності котирувань:

$$m_1 := h \cdot i$$

Критерій подібності інтенсивності запитів контрагентів:

$$\lambda_1 := 0.01 \quad \lambda_3 := 0.03 \quad \lambda_5 := 0.05$$

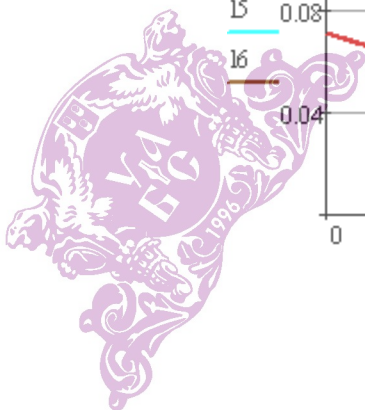
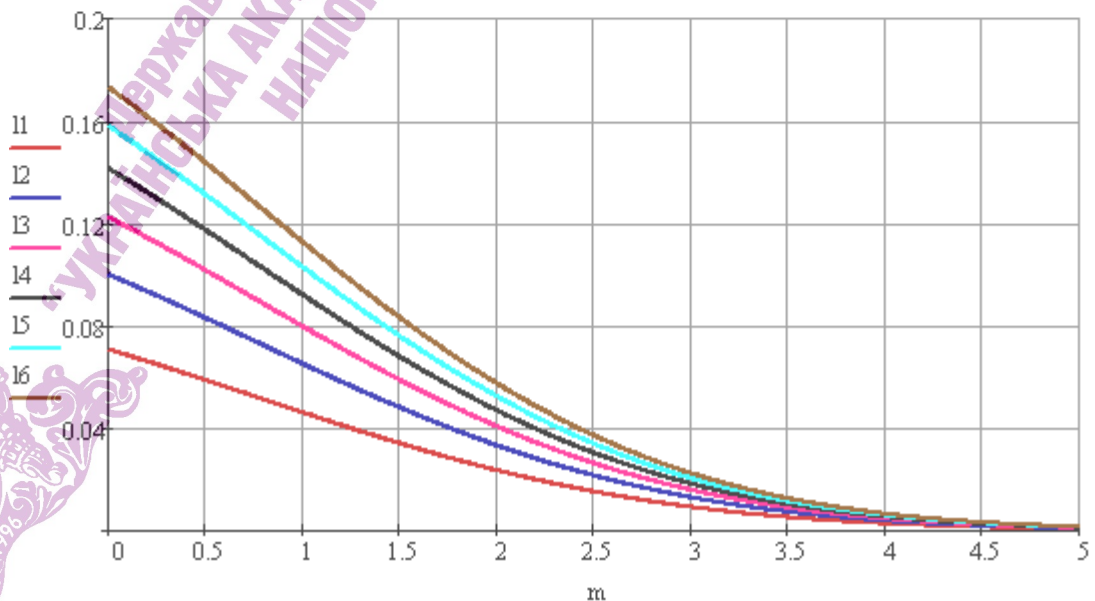
$$\lambda_2 := 0.02 \quad \lambda_4 := 0.04 \quad \lambda_6 := 0.06$$

*Результуючі дані:*

Безрозмірні ринкові збитки:

$$I_{11} := I(\lambda_1, m_1) \quad I_{13} := I(\lambda_3, m_1) \quad I_{15} := I(\lambda_5, m_1)$$

$$I_{12} := I(\lambda_2, m_1) \quad I_{14} := I(\lambda_4, m_1) \quad I_{16} := I(\lambda_6, m_1)$$



**Розрахунок безрозмірних ринкових збитків при фіксованому значенні критерію подібності котирувань**

Вхідні дані:

Критерій подібності котирувань:

$$m1 := 0.5 \quad m3 := 1.5 \quad m5 := 2.5$$

$$m2 := 1 \quad m4 := 2$$

Критерій подібності інтенсивності запитів контрагентів:

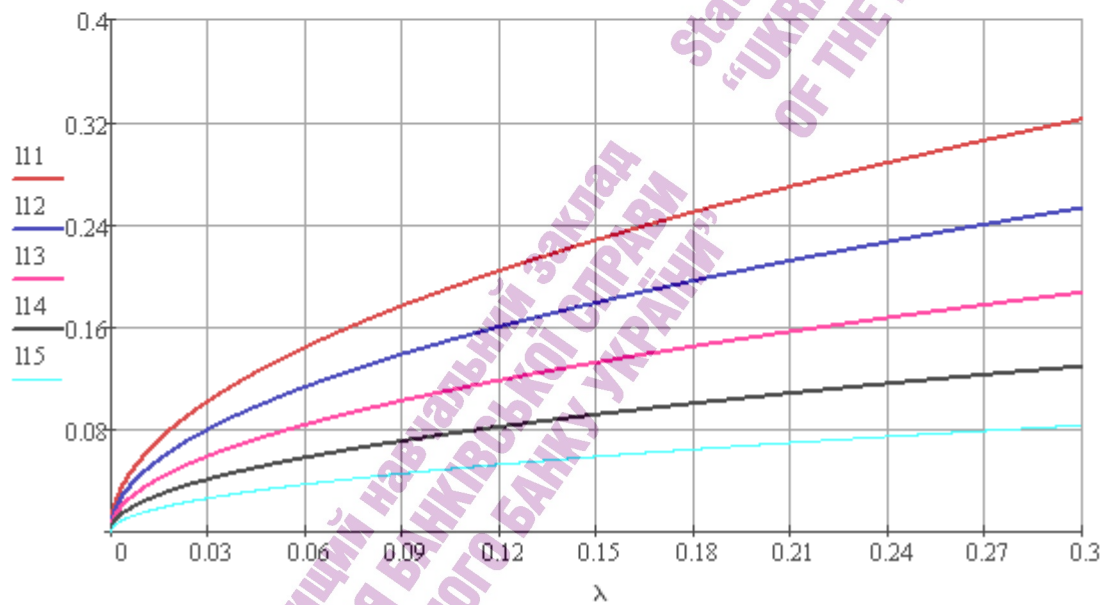
$$\lambda_1 := 0.0002 \cdot i - 0.0002$$

Результуючі дані:

Безрозмірні ринкові збитки:

$$I11_1 := I(\lambda_1, m1) \quad I13_1 := I(\lambda_1, m3) \quad I15_1 := I(\lambda_1, m5)$$

$$I12_1 := I(\lambda_1, m2) \quad I14_1 := I(\lambda_1, m4)$$



## Додаток Г

## Лістинг Г.1 – Чисельне моделювання ринкового прибутку фронт-офісу

**Чисельне моделювання ринкового прибутку фронт-офісу**

Моделювана залежність:

$$p(m, \lambda) := \frac{m}{\pi} \int_m^{\infty} \frac{-x^2}{e^{\frac{-x^2}{\pi}}} dx - \sqrt{\frac{\lambda}{\pi}} \int_m^{\infty} \frac{-x^2}{e^{\frac{-x^2}{\pi}}} dx$$

- функція безрозмірного ринкового прибутку

**Вхідні параметри для моделювання:**

- $N := 1500$  - кількість кроків моделі  
 $h := \frac{5}{N}$  - величина кроку  
 $i := 1..N$  - змінна для індексації  
 $m_i := h \cdot i$  - критерій подібності котирувань

Критерій подібності інтенсивності запитів контрагентів:

- $\lambda_1 := 0.01$     $\lambda_3 := 0.03$     $\lambda_5 := 0.05$   
 $\lambda_2 := 0.02$     $\lambda_4 := 0.04$     $\lambda_6 := 0.06$

**Розрахунок безрозмірного ринкового прибутку при різних значеннях вхідних параметрів:**

$$\begin{aligned} p_{1_i} &:= p(m_i, \lambda_1) & p_{3_i} &:= p(m_i, \lambda_3) & p_{5_i} &:= p(m_i, \lambda_5) \\ p_{2_i} &:= p(m_i, \lambda_2) & p_{4_i} &:= p(m_i, \lambda_4) & p_{6_i} &:= p(m_i, \lambda_6) \end{aligned}$$

**Пошук екстремуму функції безрозмірного ринкового прибутку для обраних значень інтенсивності запитів контрагентів:**

$m1 := 1$

$$p(m1, \lambda) := \frac{m1}{\pi} \int_{m1}^{\infty} \frac{-x^2}{e^{\frac{-x^2}{\pi}}} dx - \sqrt{\frac{\lambda}{\pi}} \int_{m1}^{\infty} \frac{-x^2}{e^{\frac{-x^2}{\pi}}} dx$$

Given

$M(\lambda) := \text{Maximize}(p, m1)$

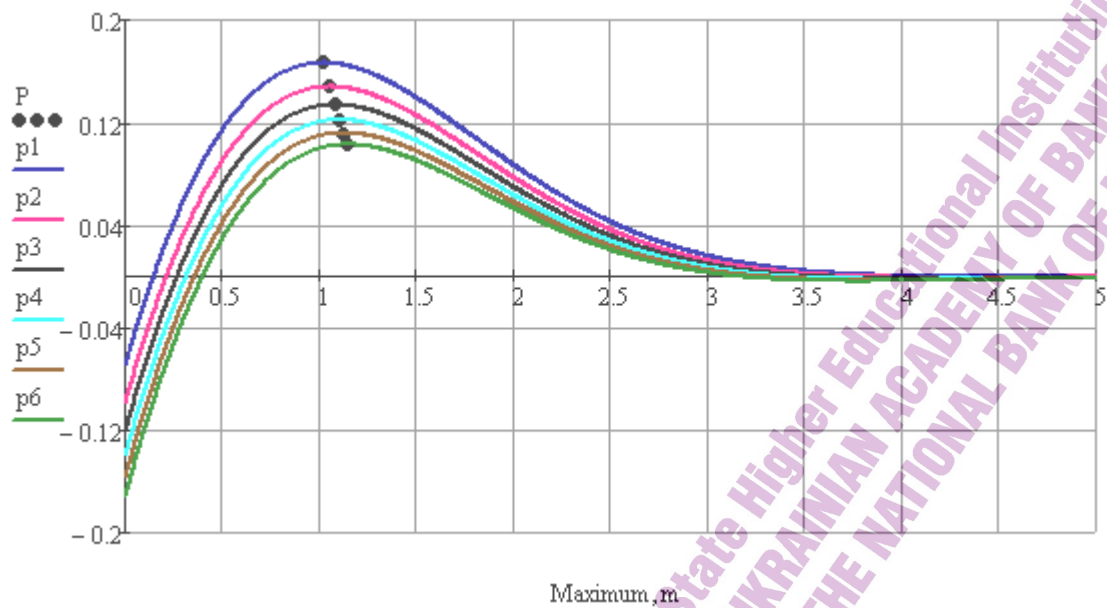
$Lamda := \text{stack}(\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3, \lambda_4, \lambda_5, \lambda_6)$

$j := 1..6$

$\text{Maximum}_j := M(Lamda_j)$

$P_j := p(\text{Maximum}_j, Lamda_j)$





State Higher Educational Institution  
"UKRAINIAN ACADEMY OF BANKING  
OF THE NATIONAL BANK OF UKRAINE"

Державний вищий навчальний заклад  
"УКРАЇНЬКА АКАДЕМІЯ БАНКІВСЬКОЇ СПРАВИ  
НАЦІОНАЛЬНОГО БАНКУ УКРАЇНИ"





## Додаток Д

Лістинг Д.1 – Дослідження умови екстремуму функції доходу

**Дослідження умови екстремуму функції доходу:**

$$m := 1$$

Given

$$\int_m^{\infty} \frac{-x^2}{e^{\pi}} dx - m \cdot e^{-\frac{m^2}{\pi}} = 0$$

$$m0 := \text{Find}(m) = 0.9422$$

- оптимальне значення критерію подібності котирувань

$$p0 := \frac{1}{\pi} \left( \int_{m0}^{\infty} \frac{-x^2}{e^{\pi}} dx \right) = 0.2261$$

- оптимальне значення імовірності укладання угоди

$$d0 := m0 \cdot p0 = 0.213$$

- оптимальне значення безрозмірного доходу



## Додаток Ж

Лістинг Ж.1 – Дослідження умови екстремуму функції прибутку

*Дослідження умови екстремуму функції прибутку*

*Досліджувані залежності:*

$$d(m) := m \cdot \left( \frac{1}{\pi} \int_m^{\infty} e^{-\frac{x^2}{\pi}} dx \right) \quad \text{- безрозмірний дохід}$$

$$l(\lambda, m) := \sqrt{\left( \frac{\lambda}{\pi} \int_m^{\infty} e^{-\frac{x^2}{\pi}} dx \right)} \quad \text{- безрозмірні ринкові збитки}$$

$$g(m, \lambda) := \frac{m}{\pi} \int_m^{\infty} e^{-\frac{x^2}{\pi}} dx - \sqrt{\left( \frac{\lambda}{\pi} \int_m^{\infty} e^{-\frac{x^2}{\pi}} dx \right)} \quad \text{- безрозмірний ринковий прибуток}$$

*Параметри моделювання:*

$N := 1500$  - кількість кроків моделі

$i := 1..N$  - змінна для індексації

*Пошук екстремуму функції ринкового прибутку:*

$m := 1$  - початкове значення параметра

Given

$M(\lambda) := \text{Maximize}(g, m)$

Вхідні значення критерію подібності інтенсивності запитів контрагентів:

$\lambda_1 := 0.0002 \cdot i - 0.0002$

Розрахунок оптимального значення критерію подібності котирувань при заданому значенні критерію подібності інтенсивності запитів контрагентів:

$\text{Opt}_m := M(\lambda_1)$

Об'єднана матриця критерію подібності інтенсивності запитів контрагентів і відповідне йому оптимальне значення безрозмірної маржі

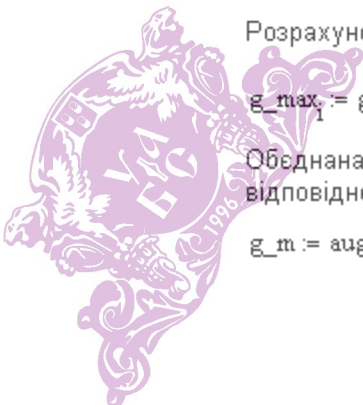
$\lambda_m := \text{augment}(\lambda, \text{Opt}_m)$

Розрахунок максимальної величини безрозмірного ринкового прибутку:

$g_{\text{max}} := g\left[\lambda_m^{(2)}\right]_i, \left[\lambda_m^{(1)}\right]_i$

Об'єднана матриця критерію подібності інтенсивності запитів контрагентів і відповідне йому оптимальне значення безрозмірного ринкового прибутку

$g_m := \text{augment}(\lambda, g_{\text{max}})$



	1	2
1	0	0.94223
2	0.0002	0.95267
3	0.0004	0.95703
4	0.0006	0.9604
5	0.0008	0.96325
6	0.001	0.96576
7	0.0012	0.96805
8	0.0014	0.97016
9	0.0016	...

 $\lambda_m =$ 

	1	2
1	0	0.21303
2	0.0002	0.20632
3	0.0004	0.20355
4	0.0006	0.20144
5	0.0008	0.19965
6	0.001	0.19808
7	0.0012	0.19667
8	0.0014	0.19537
9	0.0016	...

 $g_m =$ 

**Підбір апроксимуючих функцій:**

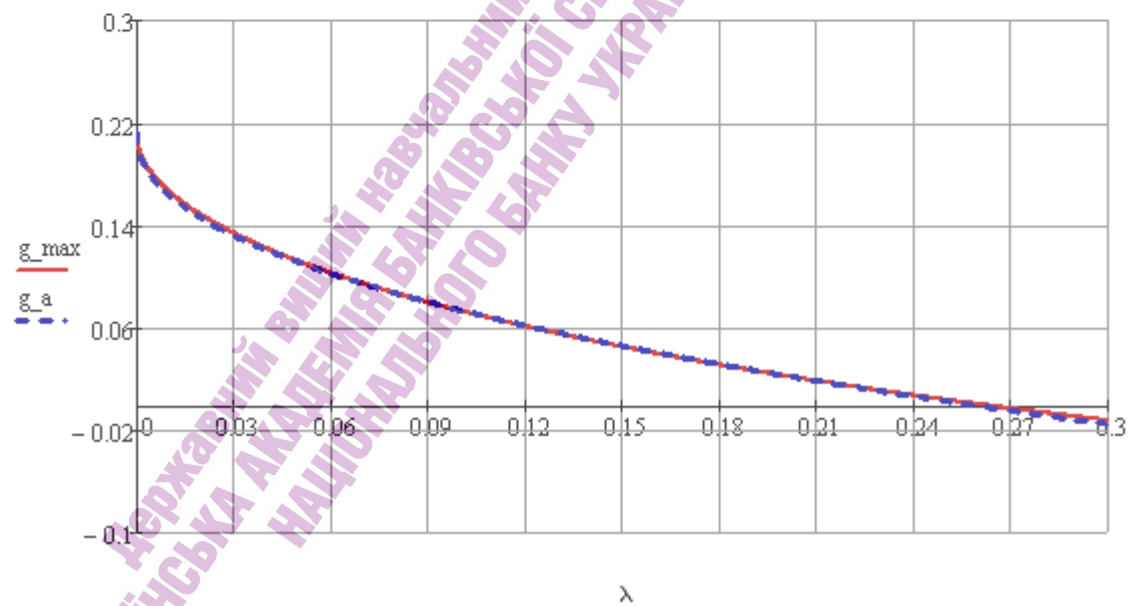
Апроксимуюча функція безрозмірного ринкового прибутку:

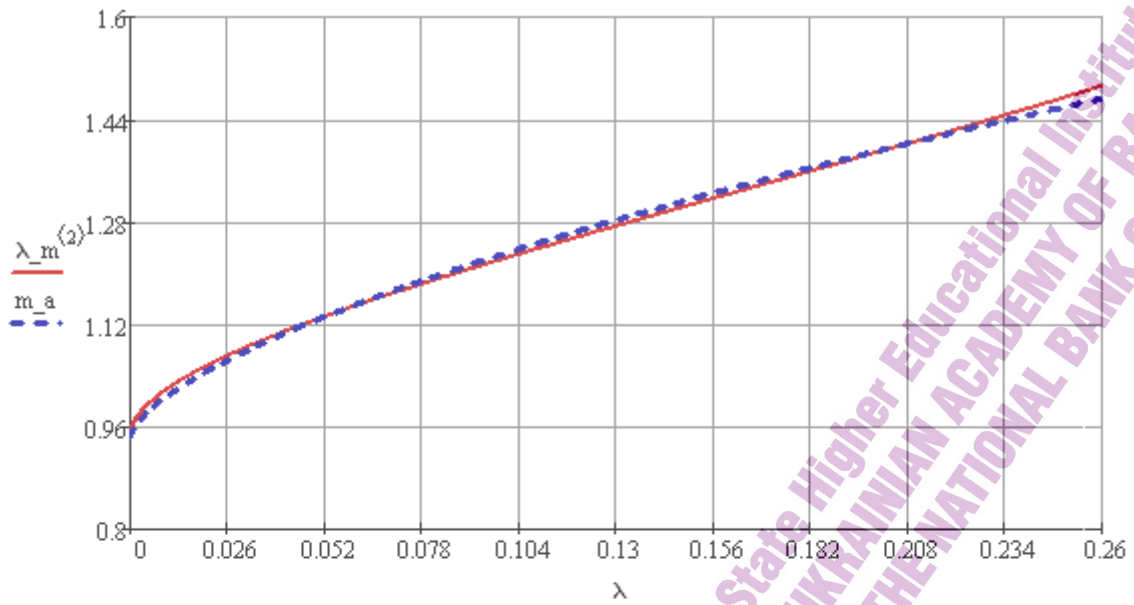
$$g_1(\lambda) := g_{\max_1} - \left(\frac{\lambda}{8}\right)^{0.45} \quad g_{a_1} := g_1(\lambda_1)$$

Апроксимуюча функція оптимальної безрозмірної маржі котирування:

$$m_1(\lambda) := \lambda_{m_{1,2}} + 1.25598 \cdot \lambda^{0.6399} \quad m_{a_1} := m_1(\lambda_1)$$

**Графічне представлення результатів моделювання:**

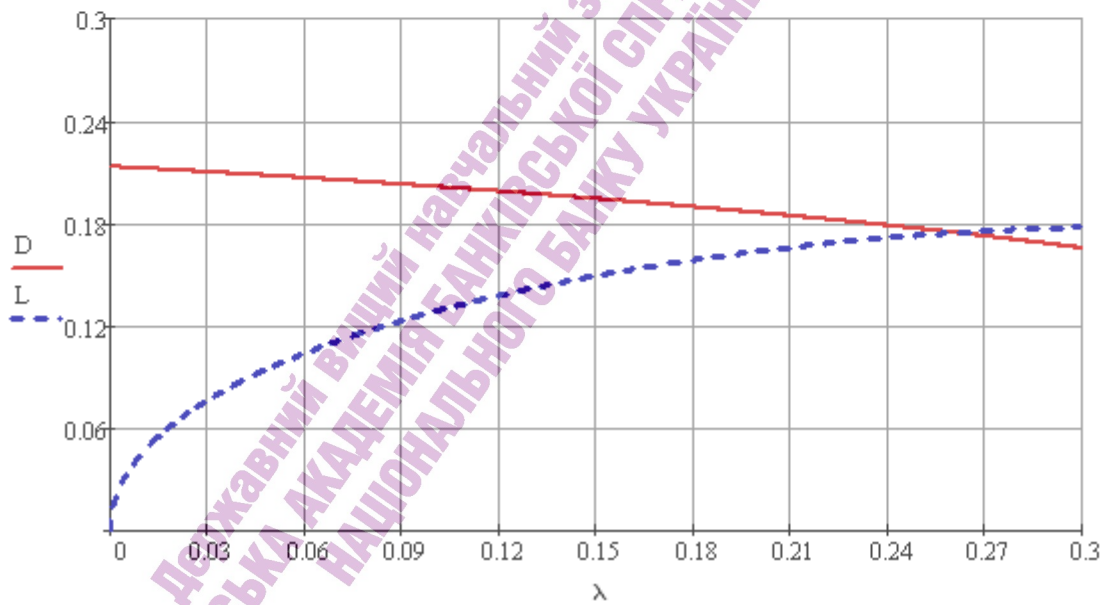




Розрахунок безрозмірних доходів і ринкових витрат для оптимальних параметрів роботи фронт-офісу.

$$D_i := d \left[ \left[ (\lambda_m^{(2)}) \right]_i \right]$$

$$L_i := l \left[ \left[ (\lambda_m^{(1)}) \right]_i, \left[ (\lambda_m^{(2)}) \right]_i \right]$$





## Додаток Е

проектувальні розрахунки										
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	
1	Вхідні дані для проектувальних розрахунків									
2										
3										
4	Величина	Умовне познач.	Валютна пара							
5			EUR/USD	GBP/USD	USD/AUD	USD/JPY	USD/CAD			
6	Ринкові параметри									
7	Грошові одиниці		\$	\$	AUD	¥	CAD			
8	Валютні одиниці		€	£	\$	\$	\$			
9	Курс дол. США, вал. од.	$P$	1,4	1,6	1	1	1			
10	Середнє значення ринкової маржі, гр. од./вал. од.	$M$	0,00027	0,00037	0,00038	0,03244	0,00041			
11	Волатильність ринкової ціни за день, гр. од./вал. од.	$\sigma_1$	0,00239	0,00344	0,00178	0,22231	0,00224			
12	Частота коливань ринкової ціни протягом дня	$k$	2,47	2,46	2,71	2,73	2,87			
13	Параметри роботи фронт-офісу									
14	Кількість контрагентів	$N_p$	100	100	100	100	100			
15	Середній розмір однієї угоди, вал. од.	$Q$	5000000	5000000	5000000	50000	5000000			
16	Нормативна кількість переговорів на одного трейдера за день	$n_e$	75	75	75	75	75			
17	Середній розмір витрат на обслуговування одного робочого місяця трейдера на день, \$	$S$	1000	1000	1000	1000	1000			
18	Тривалість операційного дня, днів	$T_d$	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3			
19										
20	Величина	Умовне познач.	Одиниця вимір.	EUR/USD	GBP/USD	USD/AUD	USD/JPY	USD/CAD	По офісу	
21	Оптимальна величина відхилення ціни від ринкової	$D$	гр. од./вал. од.	0,00014	0,00020	0,00019	0,01674	0,00021	-	
22	Імовірність укладання угоди під час переговорів	$\rho_d$		0,20	0,19	0,21	0,21	0,21	0,20	
23	Очікувана кількість переговорів	$N_e$		302,90	301,10	331,87	334,35	331,30	1621,52	
24	Очікувана кількість укладених угод	$N_d$		59,11	58,25	70,70	68,58	74,11	330,75	
25	Час існування відкритої позиції	$T_d$	хв.	8,12	8,24	6,79	7,00	6,48	1,43	
26	Необхідна кількість трейдерів	$N_T$		4,04	4,01	4,42	4,46	4,68	21,62	
27	Очікуваний розмір доходу	$D_E$	гр. од.	42534	58342	67305	57408	77390	-	
28	Очікуваний розмір ринкових збитків	$L_E$	гр. од.	15608	22298	12737	15648	16418	-	
29	Середній розмір постійних витрат	$S_E$	гр. од.	2885	2509	4425	4458	4684	-	
30	Очікувана величина прибутку	$P_E$	гр. од.	24041	33535	50144	37301	56289	-	
31	Очікуваний розмір доходу	$D_E$	\$	59548	93348	67305	57408	77390	354999	
32	Очікуваний розмір ринкових збитків	$L_E$	\$	21851	35677	12737	15648	16418	102331	
33	Середній розмір постійних витрат	$S_E$	\$	4039	4015	4425	4458	4684	21620	
34	Очікуваний розмір прибутку	$P_E$	\$	33658	53656	50144	37301	56289	231047	
35	Очікувана волатильність ринкових збитків	$\sigma_E$	\$	128538	209864	74923	92050	96574	289789	
36	Імовірність беззбиткової роботи	$\rho_E$		0,60	0,60	0,75	0,66	0,72	0,79	
37	Середня кількість контрагентів			-	-	-	-	-	100	
38										
39										

Рисунок Е.1 – Приклад програмної реалізації методик проектувальних розрахунків

