УДК 004.9; 519.8

ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ НА ЕНЕРГОЄМНИХ ПІДПРИЄМСТВАХ

ДУБРОВІН В.І. канд. техн. наук, професор, професор кафедри програмних засобів Національного університету «Запорізька політехніка», Запоріжжя, Україна, e-mail: vdubrovin@gmail.com;

ДЕЙНЕГА Л.Ю. старший викладачкафедри програмних засобів Національного університету «Запорізька політехніка», Запоріжжя, Україна, e-mail: deynega.larisa@gmail.com;

ЛАКТІОНОВ В.В. Студентка федрипрограмних засобів Національного університету «Запорізька політехніка», Запоріжжя, Україна, e-mail: wyknait@gmail.com;

Мета роботи. *Дослідити методи прийняття рішень при управлінні портфелями проектів, а також виконати їх програмну реалізацію в складі системи оптимізації управління портфелями проектів енергозбереження на енергоємних підприємствах.*

Методи дослідження. *Для реалізації поставленої мети була обрана портфельна теорія Марковіца – теорія фінансових інвестицій, у межах якої за допомогою методів оптимізації здійснюється якомога вигідніший розподіл ризику портфеля цінних паперів і оцінювання доходу. В поєднанні з портфельною теорією було використано методи пошуку максимального коефіцієнта Шарпа та мінімальної волатильності за даними випадково згенерованих портфелів.*

Отримані результати. *Методи управління портфелями проектів енергозбереження розглянуті через їх узагальнення до методів оптимізації інвестиційних портфелів, але з врахуванням специфіки предметної області.*

Розроблено та протестовано програмний застосунок, який автоматично завантажує данні певних акцій за певний період з електронного ресурсу, генерує випадкові портфелі та виконує їх оптимізацію шляхом максимізації коефіцієнту Шарпа та мінімізації волатильності портфелю. Склавши портфель інвестицій з чотирьох акцій, які торгуються на біржі, була розрахована дохідність та ризик портфеля з різними видами оптимізації. В застосунку реалізовано графічне відображення результатів оптимізації портфелів у вигляді таблиць та графіків. Перший графік демонструє зміни кожної акції протягом заданого періоду часу. Наступним є графік щоденної прибутковості замість фактичних цін, на якому можна побачити волатильність (мінливість) акцій. Графічно подається імітована оптимізація портфелю на основі ефективної межі - лінії, вздовж якої точки дадуть найменший ризик для цільової прибутковості та розрахована оптимізація портфелюна основі ефективної межі.

Побудовані програмою графіки та таблиці дозволяють користувачу краще оцінити створений портфель проекту енергозбереження.

Наукова новизна. *Запропонований у роботі підхід є поєднанням методів оптимізації інвестиційного портфеля за портфельною теорією Марковіца та методів пошуку максимального коефіцієнта Шарпа та мінімальної волатильності в одному програмному застосунку для розв'язання широкого спектру завдань.*

Практична цінність. *Виконана розробка має значну практичну цінність, адже дозволяє швидко виконувати оптимізацію фінансового портфелю для будь-яких активів, що дає змогу в тому числі використовувати систему для оптимізації управління портфелями проектів енергозбереження на енергоємних підприємствах. Крім того, вона може стати основою або зразком для аналогічної розробки.*

Ключові слова: *інвестиційний портфель; модель Гаррі Марковіца; енергозбереження; енергоємні підприємства; теорія ризику.*

I. ВСТУП

Розвиток промисловості є важливим елементом формування конкурентоспроможності України на європейському і світовому ринках.

Технологічні процеси в важкій промисловості (в тому числі на металургійних підприємствах) відрізняються підвищеною питомою витратою енергії, тому питанням енергозбереження та енергоефективності на енергоємних підприємствах надається особлива актуальність.

Загальна мета підвищення енергоефективності на підприємстві реалізується на основі управління портфелем енергозберігаючих проектів, які спрямовані на виконання таких завдань: оптимізація енергетичного балансу; мінімізація споживання природного газу; оптимізація енергоефективності та інше.

Споживання енергетичних ресурсів в більшості сфер діяльності залежить від цілого комплексу виробничих і технологічних факторів, тому для розроблення і прийняття технічно правильних і економічно обґрунтованих рішень необхідно встановлення зако-

© Дубровін В.І., Дейнега Л.Ю.,Лактіонов В.В., 2022
DOI 10.15588/1607-6761-2022-2-6

номірностей формування енерговитрат у вигляді математичних моделей енергоспоживання, що враховують рівень і динаміку енергоспоживання. Особливо актуальна ця задача для енергоємних підприємств, режим роботи яких характеризується складною системою взаємопов'язаних, часто ймовірнісне заданих або нечітких факторів.

Вирішення задач енергозбереження неможливо без розроблення комплексної програми та портфеля проектів за основними напрямками енергозбереження з обов'язковою координацією їх з програмою розвитку основного виробництва. Гострота вирішення цих питань викликана необхідністю поліпшення економічної стабільності підприємств, підвищення конкурентоспроможності продукції та зменшенням залежності від постачальників енергоресурсів.

Найважливішими завданнями при плануванні та управлінні електроспоживанням на енергоємному підприємстві є завдання нормування і прогнозування витрат електроенергії. Обґрунтовані норми споживання електроенергії дозволяють здійснювати прогноз електроспоживання для окремих підрозділів і підприємства в цілому, здійснювати контроль ефективності використання електричної енергії конкретним підрозділом (на конкретному агрегаті), а також визначати ділянки неефективного енергоспоживання [1] – [5].

Для промислових об’єктів в Україні в сучасних умовах існують суттєві проблеми, які пов’язані із фінансуванням енергозберігаючих заходів, вибором оптимальних способів вкладення коштів в інвестиційні проекти з підвищення енергоефективності, відсутністю інформаційних систем та недосконалістю організаційно-економічного механізму забезпечення енергозбереження на промислових підприємствах. Для запобігання фінансових втрат при формуванні сукупності енергозберігаючих заходів (портфелів проектів) потрібна розробка та вдосконалення методів оцінки ефективності програм енергозбереження, які враховують широкий вибір у використанні джерел інвестицій, призначених для їх реалізації [6].

Для вирішення задачі управління портфелями проектів енергозбереження на енергоємних підприємствах досить часто використовують методи оптимізації витрат на ці проєкти, тому для розв’язання даної задачі доречно використовувати методи оптимізації інвестиційних портфелів, які влучно відображають специфіку та методику вирішення типових завдань.

Для алгоритму формування ефективних інвестиційних проектів необхідно розглядати дві задачі, пов'язані з реконструкцією: внутрішню задачу – реконструкцію власне розглянутого цеху; зовнішню задачу – реконструкцію всього технологічного ланцюжка, якій включає дану виробничу ланку (від початкових стадій технологічного процесу до випуску готової продукції). При вирішенні першої задачі пропонований варіант реконструкції повинен забезпечувати максимально можливе зниження витрат виробництва всередині цеху, бути найменш капіталомістким, забезпечувати необхідне поліпшення якості, що дозволяє підвищити прибуток за рахунок доплати до ціни готової продукції [3].

Після такого узагальнення треба пам’ятати, що задача знаходиться в певній предметній області, виходячи з цього, треба залишатися в заданих предметною областю обмеженнях.

Таке переосмислення поставленої задачі та способу її вирішення дає можливість використовувати набагато ширше коло матеріалів для аналізу та розробки системи.

II. АНАЛІЗ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

Формування інвестиційного портфеля пов'язані з підбором певної сукупності об'єктів інвестування реалізації інвестиційної діяльності.

Суть портфельного інвестування полягає у поліпшенні можливостей інвестування шляхом надання сукупності об'єктів інвестування тих інвестиційних якостей, які недосяжні з позиції окремо взятого об'єкта, а можливі лише за їх поєднанні.

Структура інвестиційного портфеля відбиває певне поєднання інтересів інвестора. Таким чином, інвестиційний портфель виступає як інструмент, за допомогою якого досягається необхідна дохідність за мінімального ризику та певної ліквідності.

Проблеми формування портфеля цінних паперів та його оцінки займають одне з провідних місць у сучасній економічній теорії та практиці, що зумовлено їх актуальністю в умовах розвиненого ринку.

В роботах Fotis та Polemis проведено дослідження у галузі сталого розвитку, екологічної політики, використання відновлюваних джерел енергії та визначені основні напрямки досліджень у галузі концепції та принципу організації енергозбереження виробництва [7]. В [8] розглянуто причинно-наслідкові зв'язки між енергоефективністю та технологічними інноваціями. Wiese та Baldini в [8] створили концептуальну модель промислового сектора в рамках моделі енергетичної системи. В [10] автори розглянули взаємодію між енергоспоживанням, економічним зростанням та екологічною стійкістю. Виявлено нові технологічні тенденції та політичні потреби в енергоефективних системах, що описано в [11]. Lin та Wang в [12] розглянули потенціал ізольованого розвитку енергоспоживання від економічного зростання. Trotta в [13] оцінив підвищення енергоефективності, енергетичну залежність та викиди вуглецю в Європейському Союзі.

Проте умови економіки неможливо повною мірою застосовувати загальні положення теорії портфельного інвестування і сформований у країнах арсенал інвестиційних стратегій.

У зв'язку з цим при визначенні основ формування фондового портфеля неминуче доводиться обме-

жуватися використанням лише тих аспектів портфельної теорії, які можуть бути певною мірою адаптовані до дійсності, і враховувати специфічні форми прояву різних факторів, що впливають на вибір цінних паперів для портфельного інвестування в економіку.

Щоб ефективно вести портфель інвестицій фінансовий менеджер має використовувати такі принципи, які широко застосовуються у світовій практиці для формування інвестиційного портфеля:

Успіх інвестицій в основному залежить від правильного розподілу коштів за типами активів на 94% вибором типу інвестиційних інструментів, що використовуються (акції великих компаній, короткострокові казначейські векселі, довгострокові облігації та ін.); на 4% вибором конкретних цінних паперів заданого типу, на 2% – оцінкою моменту закупівлі цінних паперів. Це тим, що папери одного типу сильно корелюють, тобто. якщо якась галузь зазнає спаду, то збиток інвестора не дуже залежить від того, переважають у його портфелі папери тієї чи іншої компанії.

Ризик інвестицій у певний тип цінних паперів визначається ймовірністю відхилення прибутку від очікуваного значення. Прогнозоване значення прибутку можна визначити на основі обробки статистичних даних про динаміку прибутку від інвестицій у ці папери в минулому, а ризик – як середньоквадратичне відхилення від очікуваного прибутку.

Загальна дохідність та ризик інвестиційного портфеля можуть змінюватись шляхом варіювання його структурою. Існують різні програми, що дозволяють конструювати бажану пропорцію активів різних типів, наприклад мінімізуючий ризик при заданому рівні очікуваного прибутку або максимізуючий прибуток при заданому рівні ризику та ін.

Оцінки, що використовуються при складанні інвестиційного портфеля, мають імовірнісний характер. Конструювання портфеля відповідно до вимог класичної теорії можливе лише за наявності низки чинників: ринку цінних паперів, що сформувався, певного періоду його функціонування, статистики ринку та ін.

Цілі формування інвестиційного портфеля значною мірою є альтернативними. Зростання ринкової вартості капіталу пов'язані з певним зниженням поточного доходу інвестиційного портфеля. Збільшення капітальної вартості та збільшення доходу ведуть до підвищення рівня інвестиційних ризиків. Завдання досягнення необхідної ліквідності може перешкоджати включенню до складу інвестиційного портфеля об'єктів, які забезпечують зростання капітальної вартості чи отримання високого доходу, але які, зазвичай, дуже низькою ліквідністю.

До ключових елементів та стратегій створення ефективного інвестиційного портфелю належать [6]:

а) диверсифікація;

б) ребалансування;

в) активне управління портфелем;

г) пасивне управління портфелем.

Цінні папери – це грошові документи, що засвідчують право володіння або кредитні відносини, визначають взаємини між особою, яка їх випустила (емітентом), та їхнім власником і передбачають, як правило, виплату доходу у вигляді дивідендів чи відсотків, а також можливість передачі грошових прав іншим особам. Цінні папери можна використати для здійснення розрахунків між суб'єктами господарювання або як заставу для забезпечення платежів і кредитів.

Акція – цінний папір без установленого строку обігу, що засвідчує пайову участь у статутному фонді акціонерного товариства, підтверджує членство в ньому і гарантує участь в управлінні ним, дає право його власникові на одержання частини прибутку у вигляді дивіденду, а також на участь у розподілі майна за ліквідації акціонерного товариства.

Облігації – термінові боргові зобов’язання з фіксованим процентом, за допомогою яких держава і муніципальні (місцеві) органи, а також підприємства мобілізують фінансові ресурси.

Портфельна теорія заснована на статистичних методах механізмів оптимізації інвестиційного портфеля за заданими критеріями зі співвідношенням рівня його прибутковості та ризику.

Мета аналізу цінних паперів протягом десятиліть залишилася, в основному, незмінною:

а) визначення справжньої вартості цінних паперів;

б) визначення ступеня ризику;

в) прогнозування очікуваного прибутку за цінними паперами.

Але на кінець 50-х – початок 60-х років XX століття на основі трьох факторів почалися зміни у процесі аналізу, особливо звичайних акцій:

а) наявність мікрокомп’ютерів, персональних комп’ютерів і комп’ютерних терміналів, пов’язаних через телефонну мережу з банком даних;

б) величезні комп’ютерні банки інформації, приведені у відповідність із сучасними вимогами;

в) використання сучасної теорії портфеля цінних паперів (МРТ – ModernPortfotoTheory) у формі моделей для вибору цінних паперів портфеля.

На основі можливостей певної регресивної моделі аналітик може передбачити або оцінити майбутні коефіцієнти для акцій, залишковий ризик, темп росту дивідендів і ставку дисконту для вибраних вкладником або менеджером акцій даної компанії. Такий аналіз дозволяє скласти різноманітний і вигідний портфель цінних паперів.

Сучасна теорія портфеля розглядає й урізноманітнення цінних паперів, але в основному подає оптимальні методи розміщення. Одним із найпростіших засобів сучасної теорії портфеля (СТП), є метод уріз-

номанітнення, який дозволяє інвестору зменшити до мінімуму ризик. Також СТП дозволяє інвесторам здійснити набір цінних паперів у портфелі з вищим доходом.

Припущення сучасної портфельної теорії – СТП припускає, що ринок є ефективний. Це означає, що всі учасники ринку мають доступ до інформації, одержують однакову інформацію, мають вільний доступ і вихід з ринку. Фундаментальний же припускає, що ринок є неефективним і більший дохід можна отримати, купуючи недооцінені цінні папери.

СТП припускає, що інвестори:

а) неохоче сприймають ризик, тобто не люблять його. Ризик визначається несталістю норми доходу або основного капіталу;

б) надають перевагу вищій нормі доходу над нижчою;

в) намагаються максимально збільшити доходи і до мінімуму зменшити ризик. Іншими словами, намагаються одержати найвищі доходи на одиницю ризику.

СТП припускає, що всі рішення будуть прийматися на основі очікуваної норми доходу та очікуваного ризику або очікуваного стандартного відхилення норми доходу.

СТП вимагає певного співвідношення цінних паперів у портфелі. Ця вимога була розроблена Гаррі Марковіцем. Він припустив, що, знаючи коефіцієнт кореляції, відношення однієї акції до іншої, можна визначити комбінацію фондів, яка забезпечить найнижчий ризик для даного рівня доходу[14].

СТП стверджує, щоб зменшити ризик, інвестор повинен додати інші цінні папери до свого портфеля. Іншими словами, ризик зменшується при збільшенні кількості цінних паперів у портфелі.

СТП припускає, що:

а) завданням інвестора є ефективний набір цінних паперів, який забезпечить найвищий дохід при найнижчому рівні ризику;

б) норма доходу і ризик за цінними паперами обчислюється за певний період часу;

в) ризикові цінні папери можуть додаватися, вилучатися з портфеля на будь-яку суму.

Основою СТП є гіпотеза ефективного ринку [15].

Таким чином, у країнах Заходу широко практикується розміщення коштів на фондовому ринку, оскільки це більш вигідно, аніж, наприклад, вкладання в нерухомість, що було популярним два десятки років тому. В Україні фондовий ринок почав активно розвиватися тільки з початком приватизації. Сьогодні фондовий ринок, певною мірою, вже сформувався, що дозволяє вести мову про вкладання коштів у цінні папери.

Кожний цінний папір характеризується доходністю та ризиком. Під ризиком розуміється ймовірність неотримання очікуваного прибутку чи навіть часткову або повну втрату коштів, які вкладені в цінні папери. Ризик та доход різних цінних паперів різні. Як правило, цінні папери, яким не притаманний ризик, дають невеликий прибуток, а цінні папери, які можуть дати більший доход, характеризуються більшим ризиком.

Ризик прийнято розділяти на ринковий, тобто єдиний для всіх цінних паперів, який неможливо уникнути, та індивідуальний – притаманний конкретному цінному паперу. Вкладаючи грошові кошти в різні цінні папери, формуючи портфель цінних паперів, можливо практично до нуля знизити індивідуальний ризик: якщо по одним цінним паперам буде низький доход (збиток), то інші це компенсують. Чим більше цінних паперів знаходиться в портфелі, тобто чим більше він диверсифікований, тим менший індивідуальний ризик.

Кожне підприємство, яке бажає розмістити вільні кошти на фондовому ринку, має свою шкалу оцінки ризику та прибутку. Високий прибуток для одного підприємства може здатися низьким для іншого. Якщо одні надають перевагу ризику з низьким прибутком, то інші — погоджуються на великий ризик з очікуванням великого прибутку.

Метою оптимізації портфелю цінних паперів є формування такого портфелю цінних паперів, який би відповідав вимогам підприємств як за прибутками, так і за ризиком, та при цьому достатньою мірою був диверсифікований [16].

Для кожного підприємства або фізичної особи оптимальним звичайно був би варіант, коли досягається максимальний ефект у вигляді прибутку від вкладання коштів у цінні папери, і в той же час ризик отримання збитку зводиться до нуля. Але така ситуація є недосяжною за ринкових умов, тому слід мати на увазі певні обмеження щодо ризику або прибутковості.

Перший варіант – задатися певною максимально допустимою величиною ризику. Тоді задача оптимізації зводиться до вибору такої структури портфеля, при якій ризик портфеля не перевищує заданого значення, а доходність портфеля є максимальною. Така задача називається прямою задачею.

Другий варіант – задатися певною мінімально допустимою величиною доходності. У цьому випадку задача оптимізації зводиться до вибору такої структури портфеля, прибуток якого вищий або ж дорівнює заданому значенню, а ризик мінімальний. Така задача називається оберненою.

Розв'язавши пряму і обернену задачі з оптимізації портфеля з N цінних паперів підприємство отримує дані – скільки та які цінні папери необхідно придбати, щоб сформувати портфель, який по міркам конкретного підприємства має достатньо високу доходність при допустимому ризику.

При спробі розв'язати пряму або обернену задачу

виникає запитання: яким чином визначаються характеристики портфеля (доходність та ризик). На сьогоднішній день найбільш розповсюджені 2 моделі визначення характеристик портфеля: модель Марковіца та модель Шарпа. Обидві моделі створені і успішно працюють в умовах, що склалися у відносно стабільних західних фондових ринках. Нажаль, до їх числа український фондовий ринок поки що не входить. Через це була розпочата спроба створити модель, яка здатна успішно функціонувати в умовах фондового ринку, що формується, розвивається та реорганізується, яким є фондовий ринок України. Створена модель отримала назву Квазі-Шарп (подібна до моделі Шарпа).

Поряд із названими загальними, універсальними прийомами аналізу портфеля цінних паперів використовуються й евристичні прийоми, які ґрунтуються на інтуїції та досвіді дослідників.

До евристичних прийомів, або методів активізації творчості, нестандартного мислення відносять зазвичай низку методів генерації варіантів розв'язання проблеми на основі притаманної людині здатності до творчої діяльності. Їх застосовують тоді, коли звичайні рутинні методи, засновані на аналізі минулого досвіду та теперішніх умов, не дають змоги вибрати спосіб вирішення. Особливо широко ці прийоми використовують у стратегічному аналізі для прогнозування розвитку економічної ситуації.

Усі евристичні методи поділяються на дві великі групи – методи ненаправленого пошуку («мозкового штурму», «експертних оцінок», «колективного блокнота», «контрольних питань», «асоціацій та аналогій», ділові ігри та ситуації, кібернетичні наради) та методи направленого пошуку (морфологічний метод, алгоритм розв'язання винахідницьких задач, метод «сходження на гору», метод Монте-Карло тощо) [15].

III. МЕТА РОБОТИ

Метою роботи – дослідити методи прийняття рішень при управлінні портфелями проектів, а також виконати їх програмну реалізацію в складі системи оптимізації управління портфелями проектів енергозбереження на енергоємних підприємствах.

Для досягнення мети було поставлено наступні задачі:

– дослідити основні сучасні тенденції та перспективи розвитку теорії прийняття рішень;

– дослідити основні методи, алгоритми та пакети прикладних програм задач прийняття рішень;

– застосувати ці методі та алгоритми при розробці прикладного програмного забезпечення проблемно-орієнтованого обчислювального комплексу.

IV. ВИКЛАДЕННЯ ОСНОВНОГУ МАТЕРИАЛУІ АНАЛІЗ ОТРИМАННИХ РЕЗУЛЬТАТІВ

Вхідною інформацією до роботи – є таблиця з щоденною скоригованою ціною закриття кожної акції з 01.11.2013 до 01.11.2021 (дані про ціни за 8 років). Дані були взяті з ресурсу finance.yahoo.com [17] за допомогою бібліотеки Python «pandas_datareader» [18].

Для прикладу було обрано дані акцій компаній зі сфери «Біотехнологія та ліки»:

а) Johnson&Johnson (JNJ);

б) RocheHolding AG (RHHBY);

в) PfizerInc. (PFE);

г) Genmab A/S (GMAB).

На рис.1 зображена таблиця з даними, в якій стовпчики – це задана компанія, а рядки – це щоденна ціна на акції обраних компаній.

Розглянемо генерацію випадкових портфелів. Візьмемо, що у портфелі буде, наприклад, чотири акції. Першим кроком є розподілення бюджету по кожній акції у портфелі. Якщо загальний бюджет дорівнює 1,

	JNJ	RHHBY	PFE	GMAB
Date				
2013-11-01	75.172951	26.859592	21.890137	4.412000
2013-11-04	74.899239	27.006538	21.953339	4.412000
2013-11-05	74.722092	26.619841	21.939295	4.412000
2013-11-06	74.907257	26.789988	21.918066	4.366000
2013-11-07	74.625473	26.364628	21.875601	4.366000
...	...	...	...	...
2021-10-26	165.750000	48.529999	43.180965	45.660000
2021-10-27	163.740005	48.040001	42.596100	45.200001
2021-10-28	162.850006	48.750000	42.804272	44.430000
2021-10-29	162.880005	48.330002	43.359402	44.639999
2021-11-01	163.020004	49.340000	43.260269	44.770000

[2014 rows x 4 columns]

Рисунок 1.Щоденна ціна на акції обраних компаній

то можна визначити ваги для кожної акції, так що сума ваг дорівнюватиме 1. І значення ваги буде частиною бюджету, яку виділяється на певну акцію. Наприклад, якщо вага для PfizerInc. дорівнює 0,5, це означає, що виділяється для PfizerInc. 50% бюджету.

Розглянемо деякі функції для моделювання випадкових ваг кожної акції у портфелі, а потім розрахуємо загальну річну доходність портфеля та річну волатильність.

Функція «portfolio_annualised_performance» буде розраховувати прибутковість та волатильність, і щоб зробити це як розрахунок у річному обчисленні, беремо до уваги 252 як кількість торгових днів на рік. Функція «random_portfolios» буде генерувати портфелі з випадковими вагами, призначеними для кожної акції, і, задавши аргумент «num_portfolios», визначаємо скільки випадкових портфелів буде згенеровано. Візьмемо за кількість портфелів число 30000.

Розглянемо стандартне відхилення портфеля. Першим кроком у функції «portfolio_annualised_performance» – є розрахунок волатильності портфеля. Формула стандартного відхилення портфеля виглядає наступним чином:

$$\sigma_{portfolio} = \sqrt{w_1^2\sigma_1^2 + w_2^2\sigma_2^2 + 2w_1w_2Cov_{1,2}}.$$

Цю формулу можна спростити, якщо використовувати матричні позначення:

$$\sigma_p^2 = \begin{bmatrix} w_1 & w_2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \sigma_1^2 & \sigma_{1,2} \\ \sigma_{1,2} & \sigma_2^2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} w_1 \\ w_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} w_1\sigma_1^2 + w_2\sigma_{2,1} & w_1\sigma_{1,2} + w_2\sigma_2^2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} w_1 \\ w_2 \end{bmatrix} =$$

$$= w_1^2\sigma_1^2 + w_1w_2\sigma_{2,1} + w_1w_2\sigma_{1,2} + w_2^2\sigma_2^2.$$

За допомогою наведеного вище обчислення матриці отримуємо частину квадратного кореня у вихідній формулі. Тепер все, що потрібно зробити, це помістити її у квадратний корінь. Як і у випадку з прибутковістю в річному обчисленні, візьмемо 252 торгові дні (у цьому випадку квадратний корінь з 252), щоб розрахувати середньорічне стандартне відхилення портфеля.

Другим кроком – є обчислення коефіцієнту Шарпа. Щоб зрозуміти коефіцієнт Шарпа, важливо розуміти ширшу концепцію прибутковості із поправкою на ризик. Прибутковість із поправкою на ризик уточнює прибутковість інвестицій, вимірюючи, який ризик пов'язаний з отриманням цього прибутку, який зазвичай виражається у вигляді числа чи рейтингу. Може існувати ряд різних методів вираження прибутковості з поправкою на ризик і коефіцієнт Шарпа є одним з них[19].

Коефіцієнт визначає, скільки надлишкового прибутку отримується за додаткову волатильність, яка відчувається при володінні більш ризикованим активом.

Тепер отримаємо необхідні значення аргументів для функцій у «calc_vars». Для отримання щоденного прибутку, використовується функція pct_change до вхідної таблиці даних. Для знаходження середньої добової прибутковості використовується функція mean до попередньої змінної. Для коваріаційної матриці прибутковості – функція cov до змінної щоденного прибутку. Згенеруємо 30000 випадкових портфелів. Безризикова ставка була взята з Міністерства фінансів США. Ставка 0.15% – це ставка казначейських векселів за 52 тижні на кінець 2021 року. Обґрунтування цього полягає в тому, що історичні дані про ціни належать до 2013–2021 років, і зважаючи на те, що аналіз виконується в кінці 2021 року, оновлена ставка за казначейськими векселями – на кінець 2021 року. Було обрано 52-тижневі ставки за казначейськими векселями, щоб вони відповідали річній прибутковості та ризику, які розраховуються.

Функція «display_simulated_efficient_frontier_with_random». генерує випадковий портфель і отримує результати (прибутковість портфеля, волатильність портфеля, коефіцієнт Шарпа портфеля) та ваги для відповідного результату.

Знаходження ефективного кордону можливо реалізувати за допомогою оптимізації Scipy. Функція оптимізації Scipy схожа на функцією "вирішувач" в Excel та виконує аналогічне завдання, коли задається те, що потрібно оптимізувати, а також які обмеження та межі.

У функції оптимізації Scipy немає «максимізації», тому як цільову функцію потрібно передати те, що слід мінімізувати. Саме тому «neg_sharpe_ratio» обчислює негативний коефіцієнт Шарпа. Тепер можна використовувати це як цільову функцію для мінімізації. У функції «max_sharpe_ratio» спочатку визначаються аргументи (сюди не повинні входити ваги).

Вищезгадане обмеження говорить, що сума всіх ваг має дорівнювати 1. Не можна виділити в цілому понад 100% бюджету. З цього випливає ще межа для присвоєння випадкових ваг – будь-яка вага має бути включно між 0 і 1. Не можна вказати негативний розподіл бюджету на акцію або більше 100% розподілу на акцію.

Також можна визначити оптимізацію для розрахунку портфеля з мінімальною волатильністю. Для цього потрібно мінімізувати цільову функцію, пробуючи різні ваги з вище описаними обмеженнями.

Ще можна намалювати лінію, яка показує, де мають бути ефективні портфелі для цієї ставки ризику. Це називається ефективний кордон. Функція «effective_return» обчислює найбільш ефективний портфель для заданої цільової доходності, а функція «effective_frontier» братиме діапазон цільового прибутку і обчислюватиме ефективний портфель для кожного рівня доходності.

На початку роботи програми користувачу представляється графік, який зображений на рис. 2. На ньому видно як ціна кожної акції змінювалася протягом заданого періоду часу.

Рисунок 2. Графік змін цін акцій

За графіком видно, що ціна на акції компанії Johnson&Johnson найвища, серед усіх. Компанія RocheHolding AG у 2016-2017 роках поступилася другим місцем компанії PfizerInc, але в середені 2019 року значно подорожчала та змістила RocheHolding AG з другого місця. А компанія Genmab A/S була найдешевшою до середини 2020 року, але потім ціна на її акції стала схожою на компанію PfizerInc.

Наступним графіком – є щоденна дохідність (відсоткова зміна порівняно з попереднім днем). На

рис. 3 зображений графік щоденної прибутковості замість фактичних цін, на якому можна побачити волатильність (мінливість) акцій.

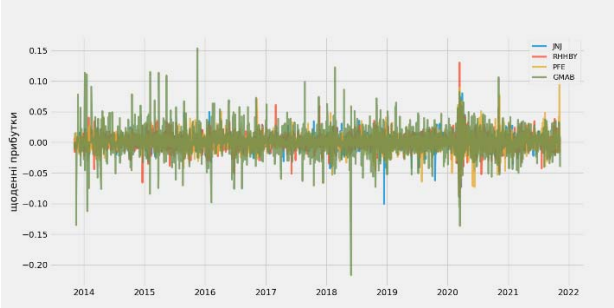

Рисунок 3.Щоденна дохідність

На графіку виділяється компанія Genmab A/S, у якої багато позитивних сплесків і багато негативних, один, навіть, дуже негативній. RocheHolding AG має найвищий позитивній сплеск, після попередньої компанії. У PfizerInc найбільший позитивний сплеск на третьому місті серед всіх. А у компанії Johnson&Johnson наявні урівноважені сплески. З графіку можна зробити висновок, що Johnson&Johnson найстабільніша серед всіх, а Genmab A/S – найбільш ризикована.

Далі згенерувавши випадковий портфель і отримавши прибутковість портфеля, волатильність портфеля, коефіцієнт Шарпа портфеля та ваги, отримуємо данні, представлені на рис. 4 та графік – на рис. 5.

На рис. 4 можна побачити, як розподіляється бюджет всередині згенерованих портфелях з максимальним розподілом за коефіцієнтом Шарпа та за мінімальним розподілом волатильності.

```
Максимальний розподіл портфеля за коефіцієнтом Шарпа

Річний прибуток: 0.23
Річна волатильність: 0.22


             JNJ  RHHBY    PFE   GMAB
allocation  40.7   0.84  10.34  48.11
*********************************************************************************
Мінімальний розподіл портфеля волатильності

Річний прибуток: 0.12
Річна волатильність: 0.16


             JNJ  RHHBY    PFE  GMAB
allocation  45.16  30.74  19.47  4.63
```

Рисунок 4.Максимальній та мінімальний розподіл

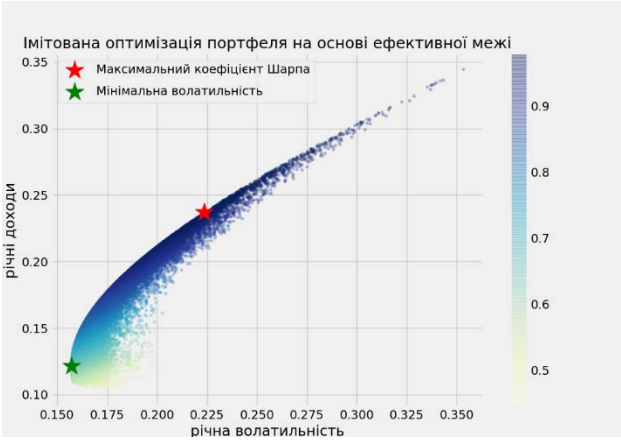

Рисунок 5.Імітована оптимізація портфеля на основі ефективної межі

Для портфеля з мінімальним ризиком ми бачимо, що майже половина бюджету виділяється на Johnson&Johnson. Якщо ще раз звернутися до графіку щоденної прибутковості (рис. 3), представлений раніше, бачимо, що Johnson&Johnson – найменш волатильна акція з чотирьох, тому виділення Johnson&Johnson великого відсотка для портфеля з мінімальним ризиком має інтуїтивний сенс.

А для портфелю з більшим ризиком та вищою прибутковістю, найкращу прибутковість із виправленням на ризик дає той, який має максимальний коефіцієнт Шарпа. У цьому сценарії ми виділяємо значну частину Johnson&Johnson та Genmab A/S та найменшу – RocheHolding AG.

За графіком на рис. 5 видно, що програма, знайшовши портфель із найвищим коефіцієнтом Шарпа, відображає портфель із максимальним коефіцієнтом Шарпа у вигляді червоної зірочки. І робить аналогічні кроки для портфеля з мінімальною волатильністю та відображає його зеленою зіркою на графіку. Усі випадково згенеровані портфелі нанесені на карту із застосуванням до них колірної картки на основі коефіцієнта Шарпа. Чим більш синій колір, тим вищий коефіцієнт Шарпа.

На графіку випадково змодельованих портфелів бачимо, що він утворює форму дуги поверх згрупованих синіх крапок. Ця лінія називається ефективним кордоном, тому що точки вздовж лінії дадуть найменший ризик для цільової прибутковості. Всі інші точки праворуч від лінії дають більш високий ризик за тієї ж прибутковості. Якщо очікувана прибутковість така сама, навіщо додатковий ризик, коли є варіант із меншим ризиком.

На цьому етапі отримано два види оптимального портфеля, описані вище, шляхом моделювання безлічі можливих випадкових та вибору найкращих (або з мінімальним ризиком, або з максимальною прибутковістю з поправкою на ризик) портфелів.

Наступним кроком роботи програми є зображення варіантів портфелів з максимальним коефіцієнтом

Шарпа і мінімальною волатильністю з усіма випадково згенерованими портфелями, але цього разу не вибираються оптимальні із випадково згенерованих портфелів, а фактично обчислюються за допомогою функції Scipy "мінімізувати". Та будується ефективна лінія межі. Результати зображені на рис. 6 та 7.

```
Максимальне розподілення портфеля коефіцієнта Шарпа

Річний прибуток: 0.23
Річна волатильність: 0.22


              JNJ  RHHBY    PFE  GMAB
allocation  39.67    0.0  12.53  47.8
*******************************************************************************
Мінімальний розподіл портфеля волатильності

Річний прибуток: 0.12
Річна волатильність: 0.16


              JNJ  RHHBY    PFE  GMAB
allocation  44.62  30.88  20.07  4.43
```

Рисунок 6.Максимальній та мінімальний розподіл

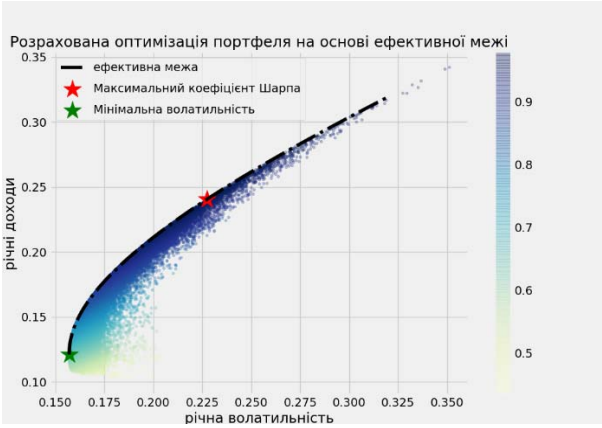

Рисунок 7.Розрахована оптимізація портфеля на основі ефективної межі

Маємо майже той самий результат, що при моделюванні з випадково згенерованими портфелями. Невелика відмінність полягає в тому, що функція «оптимізації» Scipy взагалі не виділяла будь-який бюджет для RocheHolding AG у портфелі з максимальним коефіцієнтом Шарпа, тоді як той, який вибрався із випадково згенерованих вибірок, має 0,84% розподілу для RocheHolding AG.

Замість того, щоб будувати кожен випадково згенерований портфель, можна нанести на графік кожну окрему акцію з відповідними значеннями річної прибутковості та річного ризику кожної акції. Таким чином, можна побачити та порівняти, як диверсифікація знижує ризик за рахунок оптимізації розподілу.

Як видно з наведеної вище таблиці на рис. 8 та графіку на рис. 9, найменший ризик у акцій Johnson&Johnson і становить близько 0,18. Але з оптимізацією портфеля можна досягти ще меншого ризику при 0,16 і все ж таки з більш високою прибутковістю, ніж у Johnson&Johnson. І якщо є готовність взяти трохи більший ризик приблизно на такому ж рівні ризику, як у RocheHolding AG чи PfizerInc, можна досягти вищої прибутковості – 0,23 з оптимізацією портфеля, проти 0,21.

```
Максимальне розподілення портфеля коефіцієнта Шарпа

Річний прибуток: 0.23
Річна волатильність: 0.22


              JNJ  RHHBY    PFE  GMAB
allocation  39.67    0.0  12.53  47.8
*******************************************************************************
Мінімальний розподіл портфеля волатильності

Річний прибуток: 0.12
Річна волатильність: 0.16


              JNJ  RHHBY    PFE  GMAB
allocation  44.62  30.88  20.07  4.43
*******************************************************************************
Індивідуальна прибутковість акцій і волатильність

JNJ : річний прибуток 0.11 , річна волатильність: 0.18
RHHBY : річний прибуток 0.1 , річна волатильність: 0.21
PFE : річний прибуток 0.11 , річна волатильність: 0.21
GMAB : річний прибуток 0.36 , річна волатильність: 0.37
```

Рисунок 8.Максимальній, мінімальний розподіл та індивідуальні показники

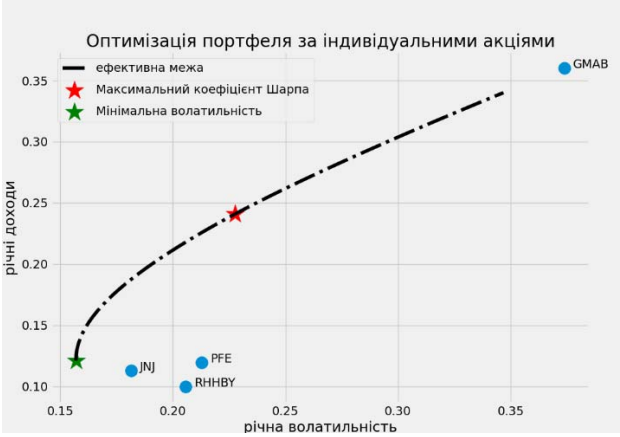

Рисунок 9.Оптимізація портфеля за індивідуальними акціями

V. ВИСНОВКИ

Було виконано програмну реалізацію системи оптимізації фінансового портфелю для будь-яких активів, що дає змогу в тому числі використовувати розроблену систему для оптимізації управління портфелями проектів енергозбереження на енергоємних підприємствах.

Програма була розроблена на мові програмування Python, яка завантажує дані про щоденну скоригову ціну закриття акцій компаній зі сфери «Біотехнологія та ліки» за певний період часу та використовує їх для аналізу, генерацій та оптимізацій портфелів, шляхом максимізації коефіцієнту Шарпа та мінімізації волатильності. Результатами роботи програми є дані про відсотковий розподіл бюджету серед компаній за вищенаведеними способами оптимізації, інформація про індивідуальну прибутковість акцій та волатильність, а також наглядні графіки.

Склавши портфель інвестицій з чотирьох акцій, які торгуються на біржі, була розрахована дохідність та ризик портфеля з різними видами оптимізації. Прибутковість портфеля за максимальним розподі-

ленням Шарпа становила 0.23%, ризик портфеля – 0.22%, а за мінімальним розподілом волатильності, прибутковість – 0.12%, ризик портфеля – 0.16%. І кожен вирішує яким чинам інвестувати – з максимальною дохідністю, але з високим рівнем ризику, чи краще з низькою дохідністю, але з мінімальним ризиком.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

[1] Кійко, С. Г. Методологія предиктивної адаптації управління портфелями проєктів енергозбереження на металургійних підприємствах : дис. … д. техн. наук : 05.13.22 / Кійко Сергій Генадійович. – Запоріжжя, 2021. – 420 с.

[2] Дубровін В.І. Керування процесами енергозбереження на металургійних підприємствах/В.І. Дубровін, О.І. Юськів // Вісник Херсонського національного технічного університету. – 2019. - №2(69).– Частина 2. - С 61-68.

[3] Дубровін В.І. Управління портфелями проектів енергозбереження на металургійних підприємствах / В.І. Дубровін, О.І. Юськів// Радіоелектроніка та інформатика. – 2019. - №2.- С 43-46.

[4] Дубровін В.І.Структура інформаційної технології управління портфелями проектів енергозбереження на металургійних підприємствах / В.І. Дубровін, О.І. Юськів//Электротехника и электроэнергетика. - 2019 - №4. – С. 46-55..

[5] Дубровін В.І. Енергозбереження та підвищення енергетичної ефективності виробництва на металургійних підприємствах / В.І. Дубровін, О.І. Юськів // Нові матеріали і технології в металургії та машинобудуванні.-2019 р.-№ 1.-С 93-97.

[6] Управління портфелями проектів енергозбереження на основі теорії Марковіца / С.Г.Кійко, Л.Ю.Дейнега, М.І.Басанець, Д.В.Камєнський, А.Є. Діденко // Інтегровані технології та енергозбереження. -2021. №3. С. 79-91.

[7] Fotis, P. Sustainabledevelopment, environmentalpolicyandrenewableenergyuse: Adynamicpaneldataapproach / P.Fotis, M.Polemis //Sustainable Development. –2018. - №26(6). –P. 726-740.

[8] Irandoust, M. On the causality between energy efficiency and technological innovations: Limitations and implications / M. Irandoust// International Journal of Green Energy. – 2019. -№16(15). –P.1665-1675.

[9] Wiese, F. Conceptual model of the industry sector in an energy system model: A case study for Denmark / F. Wiese, M. Baldini //.Journal of Cleaner Production. –2018. - №203. –P. 427-443.

[10] Akadiri, S.S. Contemporaneous interaction between energy consumption, economic growth and environmental sustainability in South Africa: What drives what? / S.S.Akadiri, F.Bekun, S.A. Sarkodie //Science of the Total Environment. – 2019. - №686. -P. 468-475.

[11] New technology trends and policy needs in energy efficient motor systems-a major opportunity for energy and carbon savings /A.De Almeida, J. Fong, C.U. Brunner, R. Werle, M.Van Werkhoven //Renewable and Sustainable Energy Reviews. – 2019. -№115. - P. 109384.

[12] Lin, B. Possibilities of decoupling for China's energy consumption from economic growth: A temporal-spatial analysis / B. Lin, M. Wan //Energy. –2019. - №185. –P. 951-960.

[13] Trotta, G. Assessing energy efficiency improvements, energy dependence, and CO2 emissions in the European union using a decomposition method / G. Trotta //Energy Efficiency. –2019. -№12(7). –P. 1873-1890.

[14] Markowitz Theory of Portfolio Management | Financial Economics [Electronic resource]. – Access mode https://www.economicsdiscussion.net/ portfolio-management/markowitz-theory-of-portfolio-management-financial-economics/29748.

[15] Савчук, В.П. Оптимізація фондового портфелю[Електрон. ресурс] / В.П. Савчук. – Режим доступу: http://www.management.com.ua/finance/fin013.html.

[16] Чумаченко, М.Г. Економічний аналіз [Електрон. ресурс] / М.Г. Чумаченко. – Режим доступу: http://ebk.net.ua/Book/BookEkAnaliz/part3.5.html.

[17] Yahoo Finance - Stock Market Live, Quotes, Business & Finance News [Electronic resource]. – Access mode: https://finance.yahoo.com/.

[18] Pandas-datareader [Electronic resource]. – Access mode:https://pandasdatareader.readthedocs.io/en/latest/.

[19] Performance Evaluation of Two Optimal Portfolios by Sharpe's Ratio [Electronic resource]. – Access mode: https://www.researchgate.net/ publication/228671028_Performance_Evaluation_of_Two_ Optimal_Portfolios_by_Sharpe's_Ratio.

Стаття надійшла до редакції 01.05.2022

ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ НА ЭНЕРГОЕМКИХ ПРЕДПРИЯТИЯХ

ДУБРОВИН В.И. канд. техн. наук, профессор, професор кафедры программных средств Национального университета "Запорожская политехника", Запорожье, Украина, e-mail: vdubrovin@gmail.com;

ДЕЙНЕГА Л.Ю. старший преподаватель кафедры программных средств Национального университета "Запорожская политехника", Запорожье, Украина, e-mail: deynega.larisa@gmail.com;

ЛАКТИОНОВ В.В. Студент кафедры программных средств Национального университета "Запорожская политехника", Запорожье, Украина, e-mail:wyknait@gmail.com;

Цель работы. *Исследовать методы принятия решений при управлении портфелями проектов, а такжевыполнить их программную реализацию в составе системы оптимизации управления портфелями проектов энергосбережения на энергоемких предприятиях.*

Методы исследования.*Для реализации поставленной цели была выбрана портфельная теорія Марковица – теорія финансовых инвестиций, в рамках которой с помощью методов оптимизации осуществляется максимально выгодноераспределение риска портфеля ценныхбумаг и оценкадохода. В сочетании с портфельнойтеорией были использованы методы поиска максимального коэффициента Шарпа и минимальной волатильности по данням случаймо сгенерированных портфелей*

Полученные результаты.*Методы управления портфелями проектов энергосбережения рассмотрены через ихобобщение к методам оптимизации инвестиционных портфелей, но с учетом специфіки предметной области.*

Разработано и протестировано программное приложение, которое автоматически загружает данные определенных акций за определенный период с электронногоресурса, генерируетслучайныепортфели и выполняетих оптимизацию путем максимизации коэффициента Шарпа и минимизации волатильности портфеля. Составив портфель инвестиций по четыремакциям, торгующимся на бирже, была рассчитана доходность и риск портфеля с разными видами оптимизации. В приложени иреализовано графическое отображение результатовоптимизациипортфелей в виде таблиц и графиков. Первы йграфик показывает изменения каждой акции в течении заданного период авремени. Следующим является график ежедневной доходности вместо фактических цен, на котором можно увидетьволатильность (изменчивость) акций. Графическипредставляетсяимитированнаяоптимизация портфеля на основеэффективногопредела – линии, вдолькоторой точки дадутнаименьший риск для целевойдоходности и рассчитаннаяоптимизация портфеля на основеэффективнойграницы.

Построенныепрограммойграфики и таблицыпозволяютпользователюлучшеоценить портфель проектаэнергосбережения.

Научна новизна .*Предложенный в работе подход являетс ясочетанием методовоптимизациииинвестиционного портфеля по портфельнойтеорииМарковица и методовпоиска максимального коэффициента Шарпа и минимальнойволатильности в одномпрограммномприложении для решения широкого спектра задач.*

Практическая ценность.*Выполненнаяразработкаимеетзначительнуюпрактическуюценность, т.к. позволяет бістро выполнятьоптимизациюфинансового портфеля для любыхактивов, чтодаетвозможностьиспользовать систему для оптимизациуправления портфелями проектовэнергосбережения на энергоемкихпредприятиях. Кроме того, онаможет стать основой для аналогичнойразработки.*

Ключевые слова: *инвестиционный портфель; модель ГарриМарковица; энергосбережение; энергоемкиепредприятия; теория риска.*

ENERGY SAVING AT ENERGY-INTENSIVE ENTERPRISES

DUBROVIN V.I. Ph.D, Professor, Software Tools Department, National University «Zaporizhzhia Polytechnic», Zaporizhzhia, Ukraine, e-mail: vdubrovin@gmail.com;

DEINEHA L.Y. Senior lecturer,Software Tools Department, National University «Zaporizhzhia Polytechnic», Zaporizhzhia, Ukraine, e-mail: deynega.larisa@gmail.com;

LAKTIONOV V.V. Student,Software Tools Department, National University «Zaporizhzhia Polytechnic», Zaporizhzhia, Ukraine, e-mail: wyknait@gmail.com;

Purpose. *Investigate the methods of decision-making in the project portfolio management, as well as perform their software implementation as part of the system of the portfolio management optimization of energy saving projects at energy-intensive enterprises.*

Methodology. *To achieve this goal, Markovitz's portfolio theory was chosen - the theory of financial investment, in which the methods of optimization are the most profitable distribution of the risk of the securities portfolio and income valuation. In combination with portfolio theory, methods were used to find the maximum Sharpe coefficient and minimum volatility according to randomly generated portfolios.*

Findings. *Methods of portfolio management of energy saving projects are considered through their generalization to the methods of optimization of investment portfolios, but taking into account the specifics of the subject area.*

A software application has been developed and tested that automatically downloads data for certain stocks for a certain period from an electronic resource, generates random portfolios and optimizes them by maximizing the Sharpe ratio and minimizing portfolio volatility. Composing a portfolio of investments from four stocks traded on the stock

exchange, the return and risk of the portfolio with different types of optimization were calculated. The application implements graphical display of portfolio optimization results in the form of tables and graphs. The first graph shows the changes in each stock over a given period of time. The following is a graph of daily profitability instead of actual prices, where you can see the volatility of shares. The simulated portfolio optimization based on the effective limit is graphically presented - the line along which the points will give the least risk to the target return and the calculated optimization of the portfolio based on the effective limit.

The graphs and tables built by the program allow the user to better assess the created portfolio of the energy saving project.

Originality. *The approach proposed in this paper is a combination of methods for optimizing the investment portfolio according to Markovitz's portfolio theory and methods for finding the maximum Sharpe coefficient and minimum volatility in one software application to solve a wide range of problems.*

Practical value. *The completed development has significant practical value, as it allows you to optimize quickly the financial portfolio for any assets, which allows, among other things, to use the system to optimize the management of portfolios of energy saving projects in energy-intensive enterprises. In addition, it can be the basis or model for a similar development.*

Keywords:*investment portfolio; Harry Markovic model; energysaving; energy-intensive enterprises; risk theory.*

REFERENCES

[1] Kiiko, S. H. (2021) Metodolohi iapredykty vnoiadaptatsiiupravlinniaport feliamyproiektivenerhozberezhen-nianametalurhiinykhpidpryiemstvakh :dys. … d. tekhn. nauk : 05.13.22.Zaporizhzhia, 420.(inUkrainian)

[2] Dubrovin, B.I,. Yuskiv, O.I. (2019) Keruvanniap rotsesamyenerhozberezhe nnianametalurhiinykhpidpryiemstvakh. *VisnykKhersonskohonatsionalnohotekhnichnohouniversytetu,*2(69), p. 2, 61-68.(inUkrainian)

[3] DubrovinV.I., YuskivO.I. (2019) Upravlinniaport feliamyproektivenerhozberezhennianametalurhiinykh pidpryiemstvakh. *Radioelektronikaiinformatyka*, 2, 43-46.(inUkrainian)

[4] Dubrovin, V.I., Yuskiv, O.I. (2019) Strukturainformatsiinoite khnolohiiupravlinnia portf eliamypr oektivenerhozberezhe nnianametalurhiinykhpidpryiemstvakhElektrotekhnika ta elektroenerhetyka, 4, 46-55.(inUkrainian)

[5] Dubrovin, V.I.,Yuskiv, O.I. (2019) Enerhozberezhennia ta pidvyshche nniaenerhetychnoiefektyvnosti vyrobnytstvanametalurhiinykhpidpryiemstvakh. Novimaterialyitekhnolohiivmetalurhiitamashynobudu-vanni, 1, 93-97.(inUkrainian)

[6] Kiiko S.H., Deineha L.Y., Basanets M.I., Kamienskyi D.V., Didenko A.Ie. (2021) Upravlinnia portfeliamy proektivene rhozberezh ennianaosnoviteorii Markovitsa. *Intehrovanitekhnolohiitaenerhozberezhennia,*3, 79-91.(inUkrainian)

[7] Fotis, P., Polemis, M. (2018), Sustainable development, environmental policy and renewable energy use: A dynamic panel data approach. Sustainable Development, 26(6), 726-740.

[8] Irandoust, M. (2019), On the causality between energy efficiency and technological innovations: Limitations and implications. International Journal of Green Energy, 16(15), 1665-1675.

[9] Wiese, F., Baldini, M. (2018), Conceptual model of the industry sector in an energy system model: A case study for Denmark. Journal of Cleaner Production, 203, 427-443.

[10] Akadiri, S.S., Bekun, F., Sarkodie, S.A. (2019), Contemporaneous interaction between energy consumption, economic growth and environmental sustainability in South Africa: What drives what? Science of the Total Environment, 686, 468-475.

[11] De Almeida, A., Fong, J., Brunner, C.U., Werle, R, Van Werkhoven, M. (2019), New technology trends and policy needs in energy efficient motor systems-a major opportunity for energy and carbon savings. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 115, 109384.

[12] Lin, B., Wang, M. (2019), Possibilities of decoupling for China's energy consumption from economic growth: A temporal-spatial analysis. Energy, 185, 951-960.

[13] Trotta, G. (2019), Assessing energy efficiency improvements, energy dependence, and CO2 emissions in the European union using a decomposition method. Energy Efficiency, 12(7), 1873-1890.

[14] Markowitz Theory of Portfolio Management | Financial Economics [Electronic resource]. – Access mode https://www.economicsdiscussion.net/ portfolio-management/markowitz-theory-of-portfolio-management-financial-economics/29748.

[15] Savchuk V.P. Optymizatsiiafondovohoportfeliu[Electronic resource]. – Access mode:http://www.management.com.ua/finance/fin013.html.(inUkrainian)

[16] Chumachenko M.H. Economic analysis [Electronic resource]. – Access mode: http://ebk.net.ua/Book/BookEkAnaliz/part3.5.html. (inUkrainian)

[17] Yahoo Finance - Stock Market Live, Quotes, Business & Finance News [Electronic resource]. – Access mode: https://finance.yahoo.com/.

[18] Pandas-datareader [Electronic resource]. – Access mode:https://pandasdatareader.readthedocs.io/en/latest/.

[19] Performance Evaluation of Two Optimal Portfolios by Sharpe's Ratio [Electronic resource]. – Access mode: https://www.researchgate.net/ publication/228671028_Performance_Evaluation_of_Two_Optimal_Portfolios_by_Sharpe's_Ratio.