CORE
Metadata, citation and similar papers at core.ac.uk
Provided by Scientific Bulletin of UNFU (Ukrainian National Forestry University)

Науковий вісник НЛТУ України
Scientific Bulletin of UNFU
http://nv.nltu.edu.ua
https://doi.org/10.15421/40280130
Article received 20.02.2018 p.
Article accepted 28.02.2018 p.
УДК 004.056:65.012.2

ISSN 1994-7836 (print)
ISSN 2519-2477 (online)

@ Correspondence author
Yu. I. Hrytsiuk
yurii.i.hrytsiuk@lpnu.ua

Ю. І. Грицюк, М. Р. Жабич
Національний університет "Львівська політехніка", м. Львів, Україна

УПРАВЛІННЯ РИЗИКАМИ РЕАЛІЗАЦІЇ ПРОГРАМНИХ ПРОЕКТІВ

Запропоновано підхід до управління ризиками реалізації програмних проектів, на підставі якого встановлено особливості оцінювання ризикових подій на стан процесу розроблення програмного забезпечення (ПЗ), що дало змогу визначити величину можливих втрат від настання негативних ситуацій. Охарактеризовано такі поняття, як управління програмними проектами та ризиками їх реалізації, що дало змогу визначити компоненти такого управління, основні категорії ризиків, ризик-орієнтовний підхід до процесу управління, а також уможливило визначення прийнятного рівня ризику успішного завершення (провалу) програмних проектів ІТ-компанією. Встановлено, що при збільшенні витрат на підвищення безпеки реалізації програмних проектів так звані виробничі ризики зменшуються, але зростають професійно-політичні ризики. Виявлено, що підготовка ефективних заходів реагування на потенційні проблеми зводиться до визначення певного набору дій, які потрібно зробити для того, щоб підсилити позитивні результати прояву ризикових подій і послабити негативні їх наслідки. Розроблено методику оцінювання ризиків реалізації програмних проектів, яка дає змогу встановити порушення термінів виконання завдань проекту відносно їх запланованих термінів, де виявлені такі порушення, серед тих завдань проекту, що мають виконуватися на поточний момент. При цьому величину потенційних втрат можна оцінити шляхом встановлення значення найбільшого з можливих проявів ризикових подій на окремі завдання проекта з моменту оцінювання цього впливу, які загалом позначаються на остаточному терміні виконання усього проекту. Встановлено особливості оцінювання впливу ризикових подій на хід реалізації програмного проекту, що дало змогу розробити методику визначення величини можливих втрат від настання негативних ситуацій. При цьому процедура оцінювання ідентифікованих ризиків реалізації програмного проекту ґрунтується на ефективності запланованих заходів реагування на ризикові події за ступенем їхнього впливу згідно з поточним значенням показника ризику.

Ключові слова: програмне забезпечення; ризикові події; негативні наслідки; потенційні проблеми; ймовірність настання несприятливих подій; прийнятний (допустимий) ризик; ризик виникнення потенційних небезпек.

Вступ. Як і в будь-якій виробничій діяльності, так і в інженерії програмного забезпечення (ПЗ) існують ризики реалізації проектів, як би там вони не були підкріплені фінансово і матеріально-технічним забезпеченням, нормативно-правовими актами і професійною підтримкою його виконавців. Під ризиком в інженерії ПЗ, зазвичай, розуміють умову, яка може привести до втрати очікуваного прибутку, або подію, яка може поставити під загрозу успіх реалізації програмного проекту (Sommervill, 2002; Braude, 2004; DoD. USA, 2014). Управління ризиками – невід'ємна складова ефективного управління будь-яким програмним проектом (Johnson & Tennessee, 2006). При цьому керівник проекту як особа, що планує, управляє та здійснює постійний контроль за всіма етапами виконання завдань проекту, повинен чітко і ефективно управляти ризиками їх реалізації (Williams, Pandelios & Behrens, 1999). Він також має прогнозувати потенційні прибутки та оцінювати можливість втрат від запровадження того чи іншого заходу, а також прагнути до зменшення збитків при настанні ризикованих подій. Впровадження міжнародних стандартів у процес управління ризиками дає змогу керівникам проектів зробити це управління більш ефективним і максимізувати потенційні можливості та мінімізувати непередбачені втрати в ході досягнення як тактичних, так і стратегічних цілей реалізації програмних проектів (ISO/IEC 12207, 2008; ISO/IEC 33001, 2015).

Управління проектами (англ. *Project Management*) – це область знань з планування, організації та управління ресурсами, спрямована на ефективне досягнення цілей та успішне завершення завдань проекту (Reshke & Shelle, 1994). Іноді таке управління ототожнюють з управлінням програмами, але програма – це значно вищий рівень, тобто група пов'язаних і взаємозалежних проектів. Водночас проект (від лат. *Projectus* – кинутий вперед) в управлінні проектами – це обмежена в часі, ресурсах і вимогах якості унікальна сукупність процесів чи явищ, направлена на створення нової цінності. У зв'язку з широким використанням технологій управління проектами у різних областях знань існує й багато визначень терміна "проект" (Mykhailovska, 2008).

В програмуванні *програмний проект* (англ. *Software Project*) – це набір файлів, з якими користувач працює під час створення прикладної програми в об'єктно-орієнтованому чи будь-якому іншому середовищі (Lipaev, 2005; Gultiaev, 2008; Singaevskaia, 2008). В ієрархії

Інформація про авторів:

Грицюк Юрій Іванович, д-р техн. наук, професор кафедри програмного забезпечення. **Email**: yurii.i.hrytsiuk@lpnu.ua
Жабич Марина Романівна, студентка кафедри програмного забезпечення. **Email**: maryna.zhabych.pi.2014@lpnu.ua
Цитування за ДСТУ: Грицюк Ю. І., Жабич М. Р. Управління ризиками реалізації програмних проектів. Науковий вісник НЛТУ України. 2018, т. 28, № 1. С. 150–162.
Citation APA: Hrytsiuk, Yu. I., & Zhabych, M. R. (2018). Risk Management of Implementation of Program Projects. *Scientific Bulletin of UNFU, 28*(1), 150–162. https://doi.org/10.15421/40280130

систем управління під програмним проектом розуміють ієрархію функцій, кожна з яких може викликати іншу функцію проекта, необхідну для її роботи. За своїм змістом програмний проект – це комплект офіційних документів, які дають змогу іншим фахівцям відтворювати, тиражувати, або розвивати прикладне ПЗ без присутності авторів проекта.

Як на наш погляд, *програмний проект* – це унікальна (на відміну від традиційного промислового виробництва) діяльність, яка має початок і обов'язкове завершення в часі, спрямована на досягнення певного результату проекта (стратегічної мети) – створення унікального ПЗ при заданих обмеженнях на наявні ресурси і терміни виконання, а також дотримання вимог щодо його якості та допустимого рівня ризику реалізації проекта.

В умовах ринкової економіки ІТ-компанії, зазвичай, стають конкурентоспроможними тільки за рахунок інноваційної діяльності, яка за своєю суттю пов'язана з ризиком, тобто ймовірністю виникнення збитків або недоотримання прибутків порівняно з прогнозованими (Williams, Pandelios & Behrens, 1999; Zyl, 2010). Ризик – важлива складова прийняття рішень, неврахування якого призводить до вироблення, аналізу й прийняття необґрунтованих і малоефективних управлінських рішень. Отже, ризик є одночасно як причиною можливих збитків, так і джерелом потенційних прибутків (Borisov, Krumberg & Fedorov, 1990). Основне завдання управління ризиками – не відмовитись від ризику як такого взагалі, а приймати ризикові рішення, ґрунтуючись на об'єктивних критеріях і допустимих втратах. Прийняті керівником проекту ризик-орієнтовані рішення часто приводять до більш ефективної реалізації програмних проектів, від яких отримують свою вигоду як замовники і розробники ПЗ, так і його безпосередні користувачі.

Управління ризиками реалізації програмного проекту безпосередньо пов'язане з такими проблемами як управління процесом розроблення ПЗ, управління вимогами до ПЗ та проблемою ризик-менеджменту, тобто управління страховим ризиком (DeMarko & Lister, 2005). Для досягнення бажаних результатів у встановлені терміни та в допустимих межах фінансових і матеріальних витрат етапи реалізації програмного проекту потрібно ретельно й досконало планувати та якісно ними управляти.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Проблеми розроблення ПЗ в різний час були розглянуті в багатьох наукових публікаціях вітчизняних і закордонних учених, таких як С. Іванько (Ivanko, 2008), К. Кастеллані (Kastellani, 1982), В. Ковальов (Kovalev, n.d.), В. Шквір (Shkvir, Zahorodnii & Vysochan, 2007). Проте, у своїх дослідженнях і публікаціях вони мало приділяли уваги аналізу причин появи ризиків, які необхідно враховувати у процесі розроблення ПЗ.

Питання управління ризиками розроблення ПЗ широко розглянуто в різних наукових джерелах, починаючи з нормативних документів Міністерства оборони США (Williams, Pandelios & Behrens, 1999), в роботах, написаних з використанням цих даних (Johnson & Tennessee, 2006), і завершуючи виданнями для широкого загалу (DeMarko & Lister, 2005). Наприклад, в роботах (DoD. USA, 2014; Johnson & Tennessee, 2006; Williams, Pandelios & Behrens, 1999) процес організації ризик-менеджменту розглянуто як проект всередині програмного проекту. Автори стверджують, що цей проект має свої етапи життєвого циклу і управління ним потрібно проводити паралельно з управління програмним проектом. У роботі (DeMarko & Lister, 2005) хоча матеріал й викладено дещо спрощено, проте його головна ідея – ризик-менеджмент складна, але необхідна складова життєвого циклу будь-якого програмного проекту.

Оскільки джерела (DoD. USA, 2014; Johnson & Tennessee, 2006; Williams, Pandelios & Behrens, 1999; DeMarko & Lister, 2005) – закордонні, то вони мало пристосовані для вирішення проблем розроблення ПЗ. Також в усіх цих дослідженнях не було враховано економічних і локальних особливостей процесу розроблення ПЗ компаніями, які знаходяться в Україні. Хоча в роботі (Johnson & Tennessee, 2006) й розглянуто спрощену модель управління ризиками в програмному проекті, однак описані в інших роботах деякі методології управління ризиками не розглядають їх як інструмент для побудови моделей ризиків під час розроблення ПЗ.

Управління ризиками є достатньо дискусійною темою, тому особливості реалізації цього процесу широко розглянуто в багатьох наукових вітчизняних (Kulikova, 2008; Lipaev, 2005; Maksimov & Nikonov, 2004) і закордонних (Heckerman, 1995; SWEBOK, 2004; DeMarko & Lister, 2005) джерелах. Ці публікації призначені для різних дослідників – як для професіоналів з ризик-менеджменту та розроблення ПЗ (Heckerman, 1995; SWEBOK, 2004; Golenko, 1968), так і для широкого загалу (DeMarko & Lister, 2005; Kulikova, 2008; Sobol, 1972; Sommervill, 2002).

В роботах (Kulikova, 2008; Lipaev, 2005) розглянуто кількісний аналіз ризиків у контексті управління ними. Наприклад, у роботі (Lipaev, 2005) зосереджено увагу на особливостях аналізу ризиків і зменшення їх кількості під час реалізації проектів складних програмних систем. Також в ній досліджено моделі та процеси організації ризик-менеджменту у великому проекті розроблення ПЗ.

Існують різні моделі управління ризиками (Braude, 2004; Zyl, 2010; Sommervill, 2002; Terekhov, 2003), серед яких найбільшого використання набула модель Інституту програмної інженерії Карнеги-Меллон (англ. *Software Engineering Institute*, SEI), що містить як вимоги стандартів (ISO/IEC 12207, 2008; ISO/IEC 33001, 2015), так і відомі кращі практичні рекомендації щодо їх запобігання чи знешкодження. В роботах (Golenko, 1968; Kulikova, 2008; Sobol, 1972) розглянуто теоретичні основи імітаційного моделювання та створення імітаційних моделей на базі метода Монте-Карло. В роботах (Borisov, Krumberg & Fedorov, 1990; Leonenkov, 2003) розглянуто теоретичні основи апарату нечіткої логіки, а в роботах (Heckerman, 1995; Hugin Expert, n.d.; Terekhov, 2003) наведено теоретичні основи Байєсівської мережі довіри (БМД) та приклади їх використання.

Однак, незважаючи на наявні теоретичні та практичні напрацювання в сфері управління ризиками, їх ефективному використанню в сфері управління програмними проектами за наявних українських реалій заважають деякі обставини. Насамперед це стосується стандартів, які розроблені закордонними організаціями та призначеними для застосування у великих ІТ-компаніях (ISO/IEC 12207, 2008; ISO/IEC 33001, 2015), досвідчені фахівці яких пройшли відповідну підготовку та володіють сучасними методами ризик-менеджменту (Mamedova, 2005; Mykhailovska, 2008). Також розробники цих

стандартів, здебільшого, прямо вказують на те, що "ідентифікацію ризиків бізнес-діяльності організації, як правило, мають проводити незалежні експерти". Тому вітчизняні ризик-орієнтовані ІТ-компанії потребують певної адаптації змісту цих документів до їхньої бізнес-діяльності.

Окрім цього, успішна реалізація програмних проектів вітчизняними ІТ-компаніями потребує наукових розробок щодо вдосконалення методів і прийомів управління ризиками та їхнього детального аналізу, які б спиралися на міжнародний досвід, а також враховували особливості кризових ситуацій в країні, що і становить актуальність цього дослідження.

Не претендуючи на значні здобутки у вирішенні проблем управління ризиками загалом, спробуємо внести і свою лепту у вирішення деяких питань інженерії ПЗ, особливо тих, які стосуються управляння ризиками його розроблення. Тому, як на сьогодні, видається нам актуальним дослідження, яке стосується розроблення адекватної методики управляння ризиками реалізації програмних проектів, розроблення підходу до оцінювання ризикових подій, а також встановлення особливостей оцінювання впливу цих подій на стан процесу розроблення ПЗ.

Об'єкт дослідження – управляння ризиками розроблення ПЗ.

Предмет дослідження – методи та засоби управляння ризиками реалізації програмних проектів, які дають змогу встановити порушення термінів виконання завдань проекту відносно їх запланованих термінів і величину можливих втрат від настання ризикових подій.

Метою дослідження є розроблення підходу до управління ризиками реалізації програмних проектів і на його основі встановити особливості оцінювання впливу ризикових подій на стан процесу розроблення ПЗ, що дасть змогу визначити величину можливих втрат від настання негативних ситуацій.

Для реалізації зазначеної мети потрібно виконати такі основні завдання:

1) охарактеризувати такі поняття, як управління програмними проектами та ризиками їх реалізації, що дасть змогу визначити компоненти такого управління, основні категорії ризиків, ризик-орієнтовний підхід до процесу управління, а також уможливить визначення прийнятного рівня ризику успішного завершення (провалу) програмних проектів ІТ-компанією;
2) з'ясувати основні завдання процесу управління ризиками реалізації програмних проектів, що уможливить передбачення керівництвом ІТ-компанії появу негативних ситуацій чи несприятливих подій, які вимагають попередньої підготовки персоналу до їхнього настання;
3) розробити підхід до оцінювання ризиків реалізації програмних проектів, який дасть змогу встановити порушення термінів виконання завдань проекту відносно їх запланованих термінів, де виявлені такі порушення, серед тих завдань проекту, що мають виконуватися на поточний момент;
4) встановити особливості оцінювання впливу ризикових подій на хід реалізації програмного проекту, що дасть змогу визначити величину можливих втрат від настання негативних ситуацій;
5) зробити відповідні висновки та надати рекомендації щодо використання розробленої методики оцінювання ризиків реалізації програмних проектів.

1. Управління програмними проектами та ризиками їх реалізації

Зараз слова "проект", "менеджер проекту", "управління проектами", "ризики реалізації проектів" стали вельми популярними, проте, вживання їх у багатьох випадках не виправдане (Mykhailovska, 2008). Часто керівництво компанії, слідуючи данині моди, називають проектом ту чи іншу звичайну роботу, а управлінський персонал нижчої ланки величають не керівниками відділів, а "менеджерами проектів". Це при тому, що такі менеджери виконують роботу, яку "проектом" назвати не можна в принципі. Насправді ж, під "проектом" потрібно розуміти тимчасові роботи, спрямовані на створення унікальних продуктів або надання послуг, тобто таких, які мають істотні відмінності від інших, можливо й схожих, продуктів або наданих послуг (Gultiaev, 2008).

Тут у багатьох може виникнути таке запитання: чому, власне, тимчасові роботи? Тому що у проекті має існувати ознака його початку й завершення. Хоча проекти можуть тривати роками – їх не можна розглядати як щось постійне. Вони тимчасові за своєю суттю, тому мають бути рано чи пізно завершені. Однак, не варто плутати проекти з періодичними роботами. Основна відмінність проекту від періодичних робіт у тому, що проект завершується після досягнення певної мети, тоді як періодичні роботи можуть бути завершені та знову відновлені в подальшому (Singaevskaia, 2008). Часто навіть команду виконавців проекту набирають тільки для досягнення певної мети проекту та розпускають після його завершення, що ще більше підкреслює його тимчасову природу.

Управління проектами – це певний набір дій, що містить методологію управління технологічними операціями, методи вирішення окремих завдань, вимоги до продукту проекту (очікуваного результату), інструменти, регламенти та процедури виконання різних робіт (Fatrell, Shafer & Shafer, 2003). Цей набір дій також містить компоненти організаційної структури ІТ-компанії, які об'єднані в єдину цілеспрямовану систему, що використовують для управління як окремими проектами, так і їхньою сукупністю.

Управління програмними проектами – особливий вид діяльності ІТ-компанії, що передбачає системний підхід до організації процесу управління, який застосовують до підготовки планів розроблення ПЗ, а також визначає знання, навики, інструментальні засоби, які використовують для реалізації цих проектів (Lipaev, 2005). Для ІТ-компанії – це сукупність взаємно пов'язаних компонент, таких як:

1) *моделі, методи і засоби* системи управління, які дають змогу керівнику компанії здійснювати підготовку обґрунтованих рішень щодо реалізації програмних проектів, науково аналізувати альтернативи їх вирішення та обґрунтовано приймати рішення у встановлені терміни і з достатньою точністю;
2) *наявний персонал* – група фахівців (менеджерів, керівників, бізнес-аналітиків), що мають відповідну підготовку з управління проектами, діють за єдиними правилами вирішення відповідних завдань, які регламентовані чинними нормативно-правовими документами в галузі ІТ – стандартами, постановами, наказами, рішеннями тощо;

3) *інструментальні засоби* – автоматизована інформаційна система, що створює єдиний інформаційний простір для учасників програмних проектів і забезпечує реалізацію методології управління технологічними операціями незалежно від місця знаходження наявного персоналу;
4) *ресурси* – людські (аналітиків і системних інженерів, програмістів і тестувальників), матеріальні й фінансові, що забезпечують реалізацію проектів розроблення ПЗ, максимальна ефективність використання яких дає змогу дотримуватись встановлених термінів, бюджету і відповідної якості продукту проекту для приймально-експлуатаційного контролю.

На сьогодні відомі такі основні види програмних проектів: проекти розроблення та удосконалення ПЗ; проекти впровадження інформаційних систем; інфраструктурні та організаційні проекти (Fatrell, Shafer & Shafer, 2003). Оскільки в цьому дослідженні нас цікавлять тільки проекти розроблення та удосконалення ПЗ, то вони мають такі основні особливості:

1) Процес розроблення ПЗ здійснюється з використанням методологій, методів і підходів програмної інженерії.
2) Програмна інженерія (англ. *Software Engineering*) – це інженерна дисципліна, яка пов'язана з усіма особливостями технологічного процесу розроблення ПЗ –від початкової стадії створення специфікації вимог до ПЗ, реалізації стадій його проектування, конструювання та тестування, до завершення стадії підтримки програмної системи після здачі ПЗ в експлуатацію.
3) Модель програмного процесу – це спрощений опис технологічного процесу розроблення ПЗ, поданий з деякої точки зору. Моделі завжди є дещо спрощеннями реальності.
4) Метод програмної інженерії – це системний підхід до процесу розроблення ПЗ, націлений на створення ефективного програмного продукту найбільш прибутковим (рентабельним, cost-effective) шляхом. Практично всі методи ПІ побудовані на ідеї створення графічних моделей системи з подальшим використанням цих моделей як специфікації вимог або архітектури системи.

Реалізація програмних проектів, особливо середньої та великої складності, – є недостатньо визначеним і, що найважливіше, детермінованим процесом (Lipaev, 2005). Використання сучасних програмних засобів, складність виконання завдань проекту, часта відсутність як у замовника проекту, так і його виконавців необхідної кваліфікації – це основні чинники, що вказують на неоднозначність можливих ситуацій під час реалізації програмного проекту та формують невизначеність очікуваних результатів (Leonenkov, 2003). Завдяки цим і багатьом іншим чинникам хід реалізації етапів програмного проекту і остаточні його результати часто відрізняються від попередньо запланованих, тобто існують так звані ризики реалізації програмного проекту.

Хоча ризики реалізації програмних проектів й поділено на декілька основних категорій (Kuzminykh, Khaustov & Korostelov, 2010), однак, у кожному конкретному випадку можуть бути додані й інші типи ризиків, які не розглянуто тут. Отже, до основних категорій ризиків належать:

- *ризики, пов'язані з неповнотою вимог до ПЗ*, тобто передбачають врахування очевидних і реалізацію другорядних вимог, а також неврахування критичних і відкладання концептуальних вимог тощо;
- *технологічні ризики* – ризики, пов'язані з незнанням технологій, які планується використовувати персоналом для розроблення ПЗ, або з низькою апробацією й відпрацьованістю цих технології в колективі виконавців проекту;
- *ризики, пов'язані з низькою кваліфікацією персоналу*, тобто керівник проекту повинен знати можливості своїх працівників і, за потреби, організувати їх навчання ще до початку реалізації проекту, щоб не витрачати час на ліквідацію помилок у розробленому ПЗ;
- *політичні ризики* – саботаж, який, зазвичай, не виставляється напоказ, проте може занапастити будь-який проект, якщо його учасники матимуть свої цілі діяльності, які не завжди збігатимуться з цілями керівника проекту.

Одним із заходів, що за таких умов підвищує ймовірність успішного завершення проекту, – запровадження сучасних методів управління ризиками реалізації програмних проектів. Тут під *управлінням ризиками* розуміють виконання процедур ідентифікації та аналізу ризикових подій як запланованих, так і випадкових, а також аналізу наслідків від їхнього настання як позитивних, так і негативних. При цьому ставиться за мету максимізувати ймовірність появи сприятливих подій та їхніх позитивних результатів і мінімізувати ймовірність виникнення несприятливих подій і негативні наслідки їхнього прояву. Однак, досить часто керівники проектів обмежуються тільки роботою з несприятливими подіями, тобто потенційними небезпеками та негативними наслідками від їхнього прояву.

Зрозуміло, ризики виникнення потенційних небезпек існують в усіх проектах, але не завжди вони відбуваються. Проявлена небезпека, зазвичай, перетворюється на проблему як поточну, так і майбутню. Прогнозування потенційних небезпек у багатьох випадках – це передбачення прояву деяких ризикових подій, що, як правило, мають негативно вплинути на хід реалізації програмного проекту та на його остаточні результати. У такому контексті ризик виникнення потенційної небезпеки розглядають як прояв деякої випадкової події, яка має ймовірнісний характер (Kulikova, 2008).

Кількісно ризик виникнення потенційної небезпеки визначають як добуток ймовірності прояву випадкової події на очікуваний розмір збитку, що може завдати реалізована небезпека, тобто матиме такий вигляд:

$$R = P \cdot З,$$

де: P – ймовірність (частота) виникнення потенційної небезпеки, подія/час; $З$ – очікуваний розмір збитку, що може завдати проявлена (реалізована) небезпека, збиток/подія. Тут практично беруть кількість несприятливих подій, які відбулися за певний проміжок часу, множать на величину середнього збитку за одну подію й отримують загальну величину збитку, збиток/час.

Для прогнозування ризику виникнення потенційних небезпек потрібно визначити частоту появи несприятливих подій і очікуваний збиток від них. Оскільки ймовірність – величина безрозмірна, то узагальнений показник ризику R має вимірюватись в одиницях збитку від проявленої небезпеки за певний проміжок часу. Потреба оцінювання ризику зумовлює запровадження заходів, спрямованих на його зниження і, як наслідок, пом'якшення наслідків прояву несприятливих подій. Це не що інше, як забезпечення безпеки реалізації програмного проекту у конкретних умовах, адже, як відомо, безпека – прийнятний рівень ризику. Виходячи з цього під час управління ризиками реалізації програмного проекту часто використовують *ризик-орієнтовний підхід* (РОП), що ґрунтується на плануванні процесу уп-

равління ризиками, їх ідентифікації, якісному, кількісному та комплексному оцінюванні, плануванні реалізації заходів щодо зниження рівня ризиків на основі постійного моніторингу (Mykhailovska, 2008).

На практиці досягнути нульового рівня ризику, тобто *абсолютної безпеки* реалізації програмного проекту неможливо, позаяк існують обмеження на ресурсні можливості ІТ-компанії. Із збільшенням витрат на підвищення такої безпеки керівництво ІТ-компанії вимушене зменшувати витрати на вирішення, наприклад, професійно-політичних проблем її працівників. Надмірні витрати на забезпечення безпеки реалізації програмного проекту можуть завдати шкоди якості самому ПЗ (Fatrell, Shafer & Shafer, 2003). Окрім цього, в наявних програмних системах, які використовують для підтримки процесу розроблення ПЗ і його тестування, взагалі неможливо забезпечити нульовий ризик.

Сучасна концепція забезпечення безпеки реалізації програмного проекту ґрунтується на досягненні *прийнятного* (*допустимого*) *ризику*, тобто такого його рівня, яке керівництво ІТ-компанії спроможне забезпечити на даний момент, виходячи з наявного рівня фінансування, матеріально-технічного забезпечення, професіоналізму персоналу та розвитку методів інженерії ПЗ. Прийнятний рівень ризику – це компроміс між рівнем безпеки і можливостями її досягнення. Концепцію прийнятного (допустимого) ризику часто застосовують ІТ-компанії для визначення ризиків реалізації програмних проектів за рік, де продукти проектів – прикладне ПЗ мають використовуватися в будь-якій сфері діяльності, галузі виробництва чи на окремих підприємствах.

На рис. 1 наведено схему, яка ілюструє підхід до визначення прийнятного рівня ризику успішного завершення (провалу) програмних проектів ІТ-компанією за рік. З рисунка видно, що при збільшенні витрат на підвищення безпеки реалізації програмних проектів виробничі ризики (ризики неповноти вимог + технологічні) зменшуються, але зростають так звані професійно-політичні ризики (ризики низької кваліфікації персоналу + політичні). Під час вирішення проблем забезпечення такої безпеки потрібно виходити з того, що існує ризиковий баланс між перевагами та недоліками запровадження відповідних заходів, тобто настає такий момент, коли переваги поступаються недолікам (Maksimov & Nikonov, 2004).

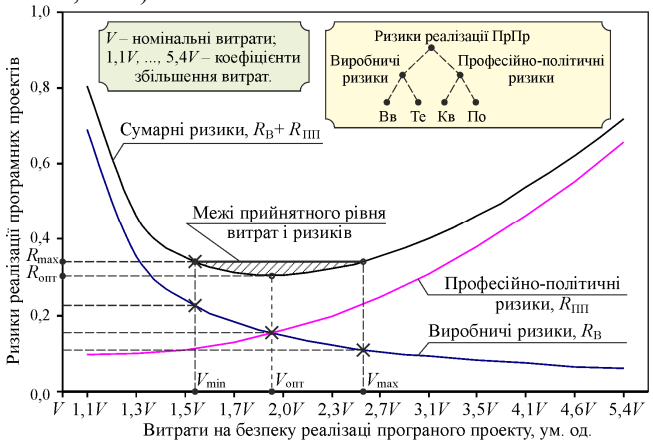

Рис. 1. Визначення прийнятного (допустимого) ризику

Отже, проблема прогнозування ризику виникнення потенційних небезпек і оцінювання їхнього подальшого впливу зводиться до вирішення проблеми підвищення безпеки реалізації програмного проекту, що відіграє головну роль під час прийняття рішень у процесі розроблення ПЗ. Тут під *оцінюванням ризику* розуміють аналіз причин прояву потенційних небезпек і визначення масштабів негативних наслідків від них у конкретній ситуації. Рішення, що приймаються на підставі результатів оцінювання ризику проявленої (реалізованої) небезпеки, є основою процесу управління ризиками реалізації програмного проекту.

Для оцінювання впливу ризиків на хід реалізації етапів програмного проекту, зазвичай, використовують деякі умовні одиниці або якісну шкалу (наприклад, малий, середній, великий та ін.). Імовірність появи ризику – ймовірність того, що деякий ризик стане несприятливою подією, яка за своїм впливом на подальший хід реалізації програмного проекту перетвориться в проблему, яку керівнику проекта доведеться вирішити чи ігнорувати. Тут, зазвичай, застосовують конкретну кількісну шкалу, пов'язану з числовими значеннями, позаяк йдеться про реальні збитки від прояву тої чи іншої несприятливої події, а також збільшення, як наслідок, тривалості та вартості реалізації програмного проекту.

Однак, вплив ризиків на хід реалізації етапів програмного проекту стосується не тільки його майбутньої вартості та термінів виконання поточних завдань, але й технічних і експлуатаційних характеристик самого продукту проекту – прикладного ПЗ. Результати такого впливу можуть призвести до того, що програмний продукт тією чи іншою мірою перестане задовольняти його замовника чи безпосередніх користувачів. Проте, вплив ризику як явище, зазвичай, має певний період дії – від моменту настання несприятливої події та її прояву на подальших етапах програмного проекту до її дієвого усунення чи самостійного зникнення, що трапляється вкрай рідко.

Управління ризиками в системі управління програмними проектами – це перелік процедур та набір дій, які дають змогу керівнику проекта передбачати потенційні ризикові події, їх виявляти та ідентифікувати, якісно та кількісно оцінювати, відстежувати й усувати як до їх появи, так і внаслідок виникнення проблем, а також ліквідувати негативні наслідки від їхнього прояву на подальший хід реалізації програмного проекту.

Ризики реалізації програмного проекту потрібно передбачати та виявляти ще до того, поки вони не перетворилися на проблему локального та глобального характеру, що найчастіше трапляється за умов частих кризових ситуацій як в країні, так і за її межами. Після виявлення ризику керівнику проекта потрібно прийняти рішення про запровадження відповідних локальних і глобальних заходів. Завдання керівника проекта полягає в тому, щоб з множини можливих заходів вибрати такі із них, які дадуть змогу зменшити ймовірність виникнення несприятливих подій або пом'якшити негативні наслідки від їхнього прояву. При цьому бажано, щоб витрати ресурсів на їхню локалізацію та ліквідацію у межах усієї системи управління проектами були мінімальними (Netyksha, 2004).

При обранні певного напряму боротьби з ризиками під час управління програмними проектами (табл. 1) керівнику проекта потрібно прийняти до уваги той факт, що наслідки прояву несприятливих подій і запроваджених заходів для їхнього уникнення, перенаправлення чи пом'якшення для одного з програмних проектів можуть

значною мірою вплинути на хід реалізації інших програмних проектів як безпосередньо, так і опосередковано. Це особливо важливо при розгляді комплексних програмних проектів, пов'язаних спільними ресурсами – персоналом, матеріальними чи фінансовими, їхніми замовниками та інвесторами, що є основою процесу управління програмними проектами (Zyl, 2010).

Табл. 1. Основні напрями боротьби з ризиками реалізації програмних проектів

Напрями боротьби з ризиками	Варіанти заходів	Рівень загрози ризику
Пом'якшення	Зменшення ймовірності виникнення потенційних ризиків та (або) величини можливих втрат від настання несприятливих подій, що сприяє мінімізації рівня впливу ризиків на хід реалізації етапів програмного проекту. При цьому джерело ризику не усувають.	Виправданий ризик
Прийняття	Підтвердження можливості настання несприятливих подій, свідоме рішення прийняти їх наслідки і компенсувати збитки за рахунок власних коштів. При цьому робляться спроби завчасного виявлення потенційних ризиків і усунення їх.	Прийнятний ризик
Ухилення	Повне усунення потенційних небезпек або джерела ризику через вилучення можливості настання несприятливих подій.	Неприпустимий ризик
Передача	Перенесення відповідальності за настання несприятливих подій на інших учасників проекту (наприклад, страховій компанії) без усунення джерела ризику.	Виправданий ризик

Отже, управління ризиками – багатоетапний процес, який має на меті зменшити або компенсувати втрати для ІТ-компанії при настанні несприятливих подій (DeMarko & Lister, 2005). При цьому основні принципи процесу управління ризиками є такими:

- *принцип максимізації* – прагнення до найширшого аналізу можливих причин і обставин виникнення ризику, тобто на зведенні чинників випадковості, невизначеності та неповноти інформації до мінімуму;
- *принцип мінімізації* – намагання звести до мінімуму перелік можливих ризиків, а також зменшити ступінь впливу ризиків на свою повсякденну діяльність;
- *принцип адекватності реакції* – необхідно адекватно й швидко реагувати на зміни вимог до ПЗ, які можуть призвести до появи ризиків реалізації програмного проекту;
- *принцип прийнятності ризику* – деякий компроміс між рівнем безпеки і можливостями його досягнення, тобто можна прийняти тільки обгрунтований ризик.

Оскільки управління ризиками реалізації програмного проекту є складовою управління процесом розроблення ПЗ, то багато науковців і практиків вважають (Fatrell, Shafer & Shafer, 2003; Kuzminykh, Khaustov & Korostelov, 2010), що таке управління схоже до управління виробництвом, яке може здійснити хто-небудь з навиками і практикою управління, але без знання особливостей програмування. Джон С. Рейнольдс у своїй роботі (Reynolds, 1998) дещо спростовує цю точку зору і стверджує, що управління процесом розроблення ПЗ дійсно є повністю творчою роботою, при цьому він порівнює менеджерів проектів, які не вміють програмувати, з редакторами газет, які не вміють писати.

Загалом, процес управління ризиком реалізації програмного проекту можна подати у вигляді блок-схеми, наведеної на рис. 2.

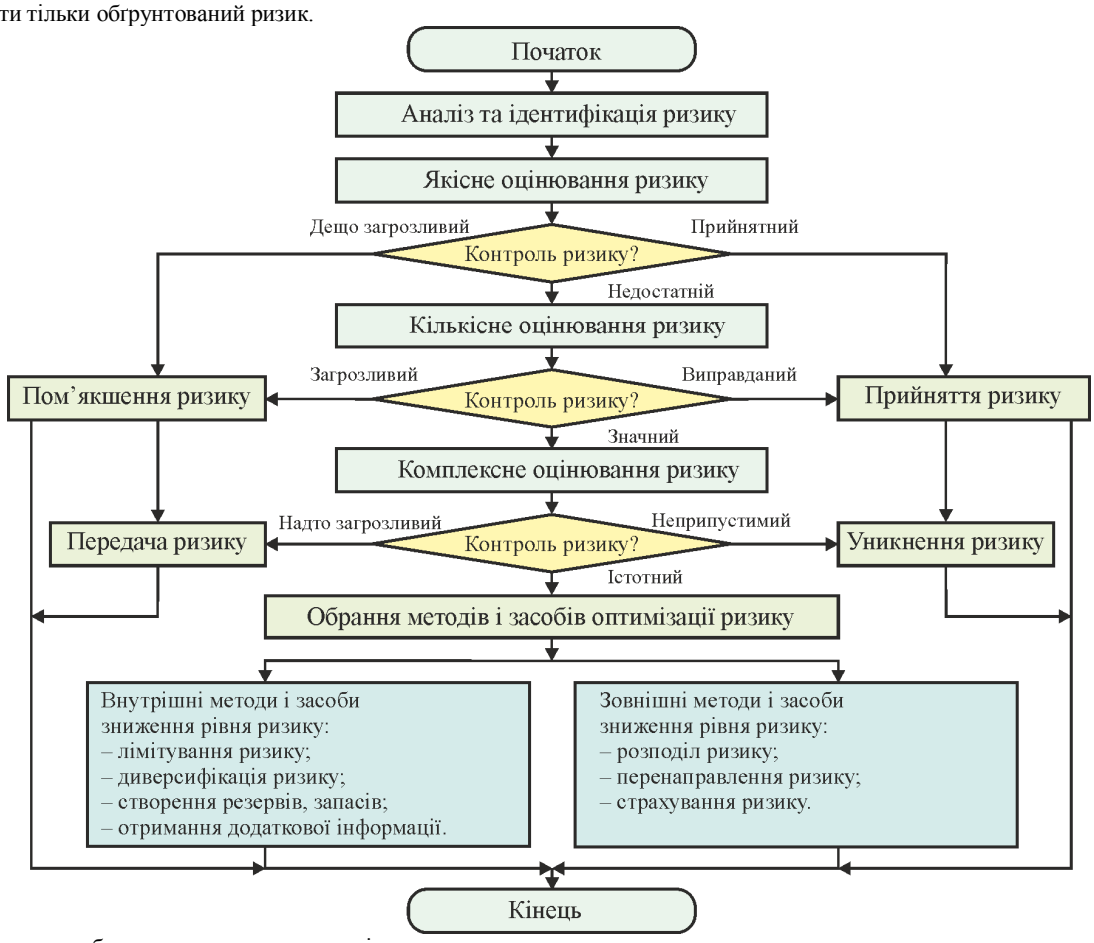

Рис. 2. Узагальнена блок-схема процесу управління ризиком

Для організації процесу управління ризиками керівнику проекта необхідно, передусім, навчитись прогнозувати причини виникнення тих чи інших потенційних проблем, появи негативних ситуацій чи несприятливих подій. Під прогнозом потрібно розуміти науково обґрунтоване судження про можливі стани процесу управління в майбутньому, про альтернативні траєкторії управління й терміни його виконання. Прогнозування управлінських рішень найтісніше пов'язане зі стратегічним і тактичним плануванням ризиків реалізації програмних проектів.

2. Завдання управління ризиками реалізації програмних проектів

Найголовніше завдання в управлінні ризиками реалізації програмних проектів є передбачення керівництвом ІТ-компанії появи негативних ситуацій чи несприятливих подій, які вимагають попередньої підготовки персоналу до їхнього настання (Gultiaev, 2008). Таку підготовку потрібно відображати в розроблених заходах реагування на відповідні події ще до початку виникнення потенційних проблем у межах всієї системи управління програмними проектами. Перелік наслідків прояву *несприятливих подій*, що вимагають розроблення заходів реагування на них, доцільно документувати у паспорті проекту як первинному документі, що описує основні дії його реалізації, та потрібно використовувати в міру виявлення цих подій, їх ідентифікації та груповому аналізу.

Водночас, підготовка заходів реагування на *потенційні проблеми* зводиться до визначення певного набору дій, які потрібно зробити для того, щоб підсилити позитивні результати *прояву ризикових подій* і послабити негативні їх наслідки. Сукупність таких заходів реагування є основою процесу управління ризиками реалізації програмних проектів. У паспорті проекту, окрім заходів реагування на несприятливі та ризикові події, також доцільно передбачати відповідальних осіб для їх відстеження, виявлення, локалізації та ліквідації, терміни виконання та періодичність їх моніторингу (Kulikova, 2008).

Можливі ризики реалізації програмних проектів мають досить розвинуту ієрархічну структуру (рис. 3), яка показує, що більшість із них можна тією чи іншою мірою врахувати ще на початкових етапах розроблення ПЗ (Grytsiuk, Grytsiuk & Gryciuk, 2017). Метою попереднього планування ризиків є ретельне оцінювання впливу прояву несприятливих і ризикових подій на динаміку термінів і вартості реалізації програмних проектів. Тому керівництво ІТ-компанії має постійно проводити аналіз можливих ризиків і враховувати їх під час прогнозування показників реалізації програмних проектів.

Рис. 3. Структура ризиків реалізації програмних проектів і джерела їхньої появи

На остаточні терміни та вартість виконання завдань програмних проектів впливають такі категорії ризиків їх реалізації (Mykhailovska, 2008):

- *ризики перевищення витрат* – збільшення передбаченої кількості завдань проекту та їхньої вартості, потреба виконання додаткових завдань проекту;
- *ризики затримок виконання завдань проекту* – збільшення тривалості виконання завдань проекту чи перенесення термінів їх передачі замовнику;
- *ризики несвоєчасності постачання апаратних засобів і програмних модулів* – збільшення чи перенесення термінів виконання завдань проекту через відсутність інструментальних засобів чи програмних модулів від підрядників;
- *ризики затримок платежів від інвесторів проекту чи його кредиторів* – відкладання початку чи продовження термінів виконання завдань проекту через відсутність фінансування.

На терміни та вартість реалізації програмного проекту також можуть впливати ризики, які належать до майбутніх умов (наприклад, фінансових) або обставин (природних чи соціально-політичних), що знаходяться за межами контролю керівництва ІТ-компанії під час виконання відповідних завдань. Хоча виникнення цих ризиків зовсім не обов'язкове, але їхній прояв на будь-якому етапі може негативно вплинути на подальші етапи реалізації програмного проекту. Поява ознак настання несприятливих подій як передбачених, так і врахованих попередньо при складанні планів виконання завдань проекту, є безумовним сигналом до аналізу їхнього можливого впливу на поточний стан процесу розроблення ПЗ та до запровадження заходів з компенсації їхніх негативних наслідків.

Часта поява несприятливих подій є потенційними проблеми реалізації проекту, позаяк вони виникають у найбільш неочікуваний момент. Хоча не всі проблеми можна заздалегідь передбачати чи навіть уникнути, але багато з них можна пом'якшити чи передати, і це дає

можливість керівництву ІТ-компанії здійснювати відповідне управління ризиками. За відношенням до самого процесу розроблення ПЗ потенційні проблеми реалізації проекту поділяють на внутрішні та зовнішні. Внутрішніми вважають такі несприятливі події, на які керівник проекта чи його підопічні здатні безпосередньо впливати. Зовнішні негативні ситуації не залежать ні від керівництва ІТ-компанії, ні від групи управління ними, але всі учасники проектів мають бути обізнані з їхніми проявами, а також мають мати навики реагування на них і запроваджувати відповідні заходи для усунення чи компенсації негативних наслідків.

Планування ризиків реалізації програмного проекту складається з таких кроків: ідентифікації ризиків; оцінювання ризиків; розроблення заходів реагування на ті ризики, які цього вимагають.

Ідентифікація ризиків (ознак настання несприятливих і ризикових подій) полягає у визначенні тих ризиків із наявних множин, які здатні вплинути на подальші етапи реалізації програмного проекту та інші проекти, пов'язані з ним у межах спільних завдань чи виконуваних робіт. Ідентифікація ризиків – не разова дія, вона має проводитися протягом всього періоду реалізації програмного проекту, тобто регулярно. Мета ідентифікації ризиків – скласти перелік ризикових подій, зафіксувати ознаки їхньої появи та негативні наслідки від прояву, здійснити підбір заходів з наявної множини для їхньої ліквідації чи компенсації наслідків.

Ідентифікацію ризикових подій мають проводити відповідальні особи групи управління проектами на підставі своїх знань і попереднього досвіду роботи. При цьому потрібно визначати основні ризики, ймовірність їхньої появи та величини втрат від їхнього прояву станом на момент їхнього оцінювання.

Оцінювання ризиків виконують з точки зору їхнього впливу на подальший хід реалізації програмного проекту і на конкретні результати кожного з його етапів. Метою такого аналізу є визначення тих ризикових подій, які вимагають розроблення нових заходів реагування на них, а які – ні. Для того, щоб обґрунтовано вирішувати такі завдання, потрібно пов'язати кожну ризикову подію з ймовірністю їхньої появи. Значення ймовірності появи ризиків і величину потенційних втрат можна оцінити як деякі дискретні величини, які визначають залежно від порушень термінів виконання завдань проекту на різних етапах його реалізації. Процедуру оцінювання ризикових подій потрібно виконувати за допомогою якісних, кількісних або комплексних показників.

3. Оцінювання ризиків реалізації програмних проектів

Для висвітлення цього питання зупинимося на таких показниках, як ймовірності появи ризиків і величині можливих втрат від їх негативних наслідків (Kuzminykh, Khaustov & Korostelov, 2010).

Ймовірність появи ризиків має відображати *сукупні усереднені відносні порушення термінів* виконання усіх завдань проекту (у %), які реалізуються на момент оцінювання впливу цих ризиків. Цю ймовірність можна оцінити показником, який визначає відношення порушених термінів виконання завдань проекту до їх запланованих термінів, де виявлені такі порушення, серед тих завдань проекту, що мають виконуватися на поточний момент.

Для розуміння суті цього показника, розглянемо рис. 4, на якому введено такі позначення:

- n – кількість завдань проекта, що виконуються на момент оцінювання впливу ризиків;
- $\tilde{D}^{\text{п}} = \{d_i^{\text{п}}, i = \overline{1,n}\}$ – дата початку виконання i-го завдання проекта на момент оцінювання впливу ризиків;
- $\tilde{D}^{\text{з}} = \{d_i^{\text{з}}, i = \overline{1,n}\}$ – дата завершення виконання i-го завдання проекта на момент оцінювання впливу ризиків;
- $\tilde{D}^{\text{в}} = \{d_i^{\text{в}}, i = \overline{1,n}\}$ – дата внесення даних про стан виконання i-го завдання проекта на момент оцінювання впливу ризиків;
- $\tilde{D}^{\text{о}} = \{d_i^{\text{о}}, i = \overline{1,n}\}$ – дата оцінювання впливу ризику на стан виконання i-го завдання проекта.

Рис. 4. Визначення частки виконання завдання проекта за прогнозами плану його реалізації (**1**) та за фактичними даними на дату оцінювання впливу ризиків (**2**)

Вважатимемо, що до дати внесення даних ($d_i^{\text{в}}$) на стан виконання i-го завдання не виявлено ніякого впливу ризиків, тобто, це завдання до цієї дати виконувалось рівномірно за встановленим планом (див. рис. 4, проміжок $d_i^{\text{п}} \div d_i^{\text{в}}$). Тому частку виконання i-го завдання проекта на дату внесення даних про його стан можна визначити за такою формулою

$$\tilde{P}^{\text{в}} = \left\{ p_i^{\text{в}} = \frac{d_i^{\text{в}} - d_i^{\text{п}}}{d_i^{\text{з}} - d_i^{\text{п}}}, i = \overline{1,n} \right\}. \quad (1)$$

Водночас, прогнозовану за планом частку виконання i-го завдання проекта на дату оцінювання впливу ризиків (див. рис. 4, проміжок $d_i^{\text{в}} \div d_i^{\text{о}}$), можна визначити за такою формулою

$$\tilde{P}^{\text{п}} = \left\{ p_i^{\text{п}} = \frac{d_i^{\text{о}} - d_i^{\text{п}}}{d_i^{\text{з}} - d_i^{\text{п}}}, i = \overline{1,n} \right\}. \quad (2)$$

Фактичну ж частку виконання i-го завдання проекта на дату оцінювання впливу ризикових подій, яка враховує негативні наслідки їх впливу, можна встановити тільки експериментально, однак її значення не має перевищувати прогнозованого за планом, а саме

$$\tilde{P}^{\text{о}} = \left\{ p_i^{\text{о}} : p_i^{\text{о}} < p_i^{\text{п}}, i = \overline{1,n} \right\}. \quad (3)$$

Тоді *усереднені відносні порушення термінів виконання* усіх завдань проекту, які реалізуються на момент оцінювання впливу ризиків, можна визначити за такою формулою

$$x = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{n} (p_i^{\text{п}} - p_i^{\text{о}}). \quad (4)$$

Тепер, на підставі встановленого значення x можна оцінити ймовірність появи ризикових подій та їхній вплив на стан виконання завдань проекту шляхом поді-

лу якісної шкали на п'ять рівнів, що досить детально відображає різні можливі ситуації під час аналізу цих подій. Приклад такого поділу наведено в табл. 2, де визначено як якісну, так і кількісну шкали оцінювання ймовірності появи ризикових подій за результатами оцінювання інформації про стан виконання завдань проекту.

Табл. 2. Оцінювання ймовірності появи ризикових подій та їхнього впливу на стан виконання завдань проекту

Ймовірність появи ризикових подій (I), бали		Стан виконання завдань проекту (x), %
Слабо-ймовірна	1	$0 < x \le 10$
Малоймовірна	2	$10 < x \le 30$
Ймовірна	3	$30 < x \le 60$
Вельми ймовірна	4	$60 < x \le 90$
Майже можлива	5	$90 < x \le 100$

Проведемо ще деякі додаткові розрахунки. З рис. 4 видно, що на дату завершення виконання i-го завдання проекта на момент оцінювання впливу ризиків з врахуванням негативних їх наслідків, прогнозовану фактичну частку їх виконання ($p_i'^{\text{o}}$) можна встановити, виходячи з таких міркувань.

Оскільки $$\frac{p_i^{\text{п}} - p_i^{\text{o}}}{d_i^{\text{o}}} = \frac{1 - p_i'^{\text{o}}}{d_i^{\text{з}}},\ i = \overline{1,n}\,, \qquad (5)$$

тоді $$\tilde{P}'^{\text{o}} = \left\{ p_i'^{\text{o}} = 1 - \frac{d_i^{\text{з}}}{d_i^{\text{o}}} \cdot \left(p_i^{\text{п}} - p_i^{\text{o}} \right),\ i = \overline{1,n} \right\}, \qquad (6)$$

тобто прогнозована фактична частка виконання i-го завдання проекта буде дещо меншою (<100 %) від попередньо запланованої частки.

Також з цього рисунку видно, що прогнозовану фактичну дату завершення виконання i-го завдання проекта ($d_i'^{\text{з}}$) на момент оцінювання впливу ризиків з врахуванням негативних наслідків їх впливу, можна встановити, виходячи з таких міркувань.

Оскільки $$\frac{p_i'^{\text{п}}}{d_i^{\text{з}}} = \frac{1}{d_i'^{\text{з}}},\ i = \overline{1,n}\,, \qquad (7)$$

тоді $$D'^{\text{з}} = \left\{ d_i'^{\text{з}} = \frac{d_i^{\text{з}}}{p_i'^{\text{o}}},\ i = \overline{1,n} \right\}, \qquad (8)$$

тобто прогнозована фактична дата завершення виконання i-го завдання проекта буде дещо більшою від попередньо запланованої дати.

Нижче спробуємо показати на реальному прикладі механізм виконання відповідних розрахунків за наведеними вище формулами.

Величина можливих втрат від негативних наслідків прояву ризикових подій має відображати *загальне відносне порушення термінів виконання завдань проекту* загалом. Величину потенційних втрат можна оцінити шляхом встановлення значення найбільшого з можливих проявів ризикових подій на окремі завдання проекта з моменту оцінювання цього впливу, які загалом позначаються на остаточному терміні виконання усього проекту.

Отже, *усереднені відносні порушення величини можливих втрат* (у %) на підставі аналізу результатів стану виконання завдань проекту на момент оцінювання впливу ризиків можна визначити за такою формулою

$$y = \frac{1}{d^{\text{п}}} \cdot \max\left\{ (p_i^{\text{п}} - p_i^{\text{o}}) \cdot (d_i^{\text{o}} - d_i^{\text{п}}),\ i = \overline{1,n} \right\}. \qquad (9)$$

де $d^{\text{п}} = \max\{d_i^{\text{з}},\ i = \overline{1,n}\} - \min\{d_i^{\text{п}},\ i = \overline{1,n}\}$ – планова тривалість реалізації усього проекту.

Тепер, на підставі встановленого значення y можна оцінити величину можливих втрат (B) від негативних наслідків прояву ризикових подій на стан виконання завдань проекту за даними табл. 3, де показано як кількісні, так і якісні шкали оцінювання.

Табл. 3. Оцінювання величини можливих втрат від негативних наслідків прояву ризикових подій на стан виконання завдань проекту

Величина можливих втрат (B), бали		Стан виконання завдань проекту (y), %
Мінімальна	1	$0 < y \le 10$
Низька	2	$10 < y \le 30$
Середня	3	$30 < y \le 60$
Висока	4	$60 < y \le 90$
Максимальна	5	$90 < y \le 100$

Приклад. Спробуємо на реальному прикладі продемонструвати механізм виконання відповідних розрахунків за наведеними вище показниками. В табл. 4 внесено дані про виконання n=10 завдань проекту на момент оцінювання впливу ризиків. Для спрощення розрахунків дати виконання завдань проекта показано по місяцях поточного року (до 12-го місяця), а якщо значення становить більше 12, то ці дати стосуються місяців наступного року. Вважатимемо, що дата внесення даних про стан виконання i-го завдання проекта ($d_i^{\text{в}}$) може бути різною (що цілком ймовірно) і проводиться ближче до завершення поточного року. Водночас, дата оцінювання впливу ризику на стан виконання i-го завдання проекта (d_i^{o}) є постійною, позаяк на цю дату певною службою може бути встановлена деяка підозра про настання несприятливих ситуацій. Усі інші значення стовпців табл. 4 визначено за наведеними вище формулами.

Табл. 4. Розрахунок частки виконання завдань проекту (x) та величини можливих втрат (y) після потенційного настання негативних наслідків

Завдання	$d_i^{\text{п}}$	$d_i^{\text{в}}$	d_i^{o}	$d_i^{\text{з}}$	$d_i^{\text{в}} - d_i^{\text{п}}$	$p_i^{\text{в}}$	$p_i^{\text{п}}$	p_i^{o}	$p_i^{\text{п}} - p_i^{\text{o}}$	$d_i^{\text{з}} - d_i^{\text{o}}$	Δy_i	$p_i'^{\text{o}}$	$d_i'^{\text{з}}$
1	5	10	15	20	5	0,3333	0,6667	0,6499	0,0168	5	0,0839	0,9776	20,46
2	4	12	15	16	8	0,6667	0,9167	0,7010	0,2157	1	0,2157	0,7699	20,78
3	9	10	15	23	1	0,0714	0,4286	0,3209	0,1077	8	0,8612	0,8349	27,55
4	6	11	15	19	5	0,3846	0,6923	0,5486	0,1437	4	0,5747	0,8180	23,23
5	2	12	15	17	10	0,6667	0,8667	0,7294	0,1373	2	0,2746	0,8444	20,13
6	4	10	15	16	6	0,5000	0,9167	0,7102	0,2065	1	0,2065	0,7797	20,52
7	9	11	15	20	2	0,1818	0,5455	0,3960	0,1495	5	0,7474	0,8007	24,98
8	3	10	15	16	7	0,5385	0,9231	0,8738	0,0493	1	0,0493	0,9474	16,89
9	5	13	15	22	8	0,4706	0,5882	0,4355	0,1527	7	1,0691	0,7760	28,35
10	7	10	15	21	3	0,2143	0,5714	0,5703	0,0011	6	0,0068	0,9984	21,03
min=	2			16				Σ=	1,1802	Σ=	1,0691	max=	28,35
max=	9	13	$d'^{\text{п}}$=	23	$d^{\text{п}}$=	21		x=	11,80%	y=	5,09%	max/$d'^{\text{п}}$=	1,2326

де: $\Delta y_i = (p_i^{\text{п}} - p_i^{\text{o}}) \cdot (d_i^{\text{з}} - d_i^{\text{o}}),\ i = \overline{1,n}$; $d'^{\text{п}} = \max\{d_i^{\text{з}},\ i = \overline{1,n}\}$ – запланована дата завершення виконання завдань проекту.

З таблиці видно, що сукупні усереднені відносні порушення термінів виконання усіх завдань проекту, які заплановано реалізувати на момент оцінювання впливу ризиків, становитимуть x = 11,80 %. Це свідчить про те, що ймовірність появи ризику (I) оцінюватиметься в 2 бали (див. табл. 2), тобто буде малоймовірною, а стан виконання завдань проекту (x) зменшиться не істотно. Водночас, величина можливих втрат (B) оцінюватиметься в 1 бал (див. табл. 3), тобто буде мінімальною, а стан виконання завдань проекту (y) загалом погіршиться в середньому на 5,09 %. Окрім цього, прогнозована фактична частка виконання ($p_i'^{\%}$) завдань проекту на дату їх завершення буде різною, тобто ні одне завдання не виконається вчасно. Аналогічно прогнозована фактична дата завершення кожного завдання проекта ($d_i'^{з}$) також дещо збільшиться, а максимальне її перевищення відносно запланованої дати становитиме 28,35/23 – 1 = 0,2326 → 23,26 %.

4. Оцінювання впливу ризикових подій на хід реалізації програмного проекту

Для оцінювання можливого впливу ризикових подій на хід реалізації програмного проекту потрібно використати *показник ризику*, який дає змогу визначити величину можливих втрат (у балах) від настання негативних ситуацій (Netyksha, 2004). Також цей показник дає можливість комплексно оцінити заходи реагування на ризикові події та рівень їхньої загрози загалом. Показник ризику обчислюють за такою формулою

$$R = I \cdot B, \qquad (10)$$

де: $I = f_1(x)$ – ймовірність появи ризикових подій, встановлена за даними табл. 2 (у балах); $B = f_2(y)$ – величина можливих втрат, встановлена за даними табл. 3 (у балах); $f_1()$, $f_2()$ – таблично-задані функції, що визначають перехід від значень оцінок x та y, обчислених на підставі даних про хід реалізації проекту, до ціло-чисельних бальних оцінок (табл. 5).

Табл. 5. Оцінювання величини показника ризику від ймовірності появи ризикових подій та величини можливих втрат

Ймовірність появи ризикових подій (I), бали		Величина можливих втрат (B), бали				
		1	2	3	4	5
Слабо-ймовірна	1	1	2	3	4	5
Малоймовірна	2	2	4	6	8	10
Ймовірна	3	3	6	9	12	15
Вельми ймовірна	4	4	8	12	16	20
Майже можлива	5	5	10	16	20	25

Якісні оцінки ідентифікованих ризиків можна виразити через ймовірність появи цих подій (I) і величину можливих втрат (B), які в сукупності характеризують ступінь їх впливу на подальший хід реалізації програмного проекту. Для цього використовують таку якісну шкалу градації, як високий, середній і низький ступінь впливу ризиків. Однак на практиці важливо визначити кількісне значення ступеня впливу кожного ризику, для чого використовують шкалу від 1 до 25 балів. Водночас, *показник ризику* дає змогу оцінювати величини можливих втрат (в балах), які визначають за допомогою матриці "Ймовірність–Втрати", що дає можливість робити деякі висновки про відповідну ступінь впливу ризику та певні рівні їхньої загрози (рис. 5).

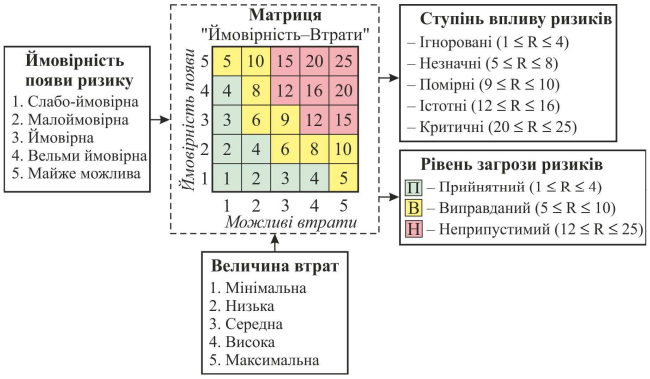

Рис. 5. Оцінювання ідентифікованих ризикових подій на хід реалізації програмного проекту (Netyksha, 2004)

Процедура оцінювання ідентифікованих ризиків реалізації програмного проекту ґрунтується на ефективності запланованих заходів реагування на ризикові події за ступенем їхнього впливу згідно з поточним значенням показника ризику (R). На підставі значення цього показника самі ризикові події класифікують за ступенем їхнього впливу на стан виконання завдань проекта і за рівнем їхньої загрози подальшим етапам реалізації всього проекта.

Класифікація ризикових подій за ступенем їхнього впливу на стан виконання завдань проекта має такий вигляд:

- ігноровані ризики ($1 \le R \le 4$):
  - мало відчутний вплив на хід реалізації програмного проекту;
  - незначне збільшення тривалості виконання деяких завдань проекту;
- незначні ризики ($5 \le R \le 8$):
  - збільшення тривалості виконання запланованих завдань проекту;
  - потрібно виконати деякі додаткові завдання проекту в межах бюджету і запланованих термінів його завершення;
  - присутні деякі програмні дефекти, які у виконаних завданнях проекту можна швидко усунути;
  - недотримання деяких функціональних вимог, які не вимагають погоджень із замовником;
  - незначне зниження ефективності виконання етапів проекту, які допустимі для замовника;
- помірні ризики ($9 \le R \le 10$):
  - збільшення тривалості виконання багатьох завдань проекту;
  - потрібно виконати багато додаткових завдань проекту поза межами його бюджету і запланованих термінів завершення;
  - присутні багато програмних дефектів, усунення яких у виконаних завданнях проекту вимагають додаткових зусиль його виконавців;
  - недотримання багатьох проектних рішень, особливо функціональних вимог, які вимагають деяких погоджень із замовником;
  - значне зниження ефективності виконання етапів проекту, які вимагають деяких погоджень із замовником;
- істотні ризики ($12 \le R \le 16$):
  - значне збільшення тривалості виконання більшості завдань проекту;
  - потрібно виконати значну кількість додаткових завдань проекту поза межами його бюджету і запланованих термінів завершення;
  - присутня значна кількість програмних дефектів, усунення яких у виконаних завданнях проекту вимагають додаткового фінансування;
  - недотримання більшості проектних рішень, особливо функціональних вимог, які вимагають обов'язкового погодження із замовником;
  - загальне зниження ефективності виконання етапів проекту, які вимагають погоджень із замовником;
  - припинення реалізації програмного проекту через можливість втрати значної частки прибуток;

- критичні ризики ($20 \le R \le 25$):
  - припинення реалізації програмного проекту через можливість втрати всього прибутку;
  - припинення реалізації програмного проекту через можливість втрати частки майна компанії.

Класифікація ризикових подій за рівнем їхньої загрози подальшим етапам реалізації всього проекта має такий вигляд:

- прийнятний ризик ($1 \le R \le 4$):
  - розглядається до прийняття проектних рішень, в т.ч. вимог до ПЗ;
  - рівень загрози ризику має періодично переоцінюватися керівником проекту;
- виправданий ризик ($5 \le R \le 10$):
  - визначається як вторинний для оброблення та аналізу;
  - ризик має мати певну стратегію його оброблення, аналізу та реагування;
  - ризик потрібно обробляти доти, доки рівень його загрози не знизиться до прийнятного;
  - ризик має знаходитися під постійним контролем керівника проекта;
  - рівень загрози ризику має постійно переоцінюватися керівником проекту;
- неприпустимий ризик ($12 \le R \le 25$):
  - ризик визначається як первинний для оброблення, аналізу та реагування;
  - ризик має мати певну стратегію його оброблення, аналізу, реагування та моніторингу;
  - ризик потрібно наполегливо і без зупинки обробляти доти, доки рівень його загрози не знизиться до виправданого;
  - ризик має знаходитися під постійним і безпосереднім контролем керівника проекта;
  - рівень загрози ризику має систематично переоцінюватися керівником проекту.

Залежно від отриманого значення показника ризику (R) для кожної з можливих ризикових подій потрібно встановити ступінь її впливу на подальший хід реалізації програмного проекту залежно від категорії ризику та визначити заплановані заходи реагування на них. В обґрунтованих випадках визначені тривалості та вартості виконання завдань проекту можуть бути скореговані на величину очікуваних результатів, пов'язаних з цими завданнями.

Залежно від рівня загрози ризиків визначають спосіб їх оброблення: прийняття, пом'якшення, ухилення або передача (табл. 1). Виходячи з цього, а також з врахування даних, наведених у роботі (Netyksha, 2004), розроблено алгоритм визначення того чи іншого способу оброблення ризиків (рис. 6).

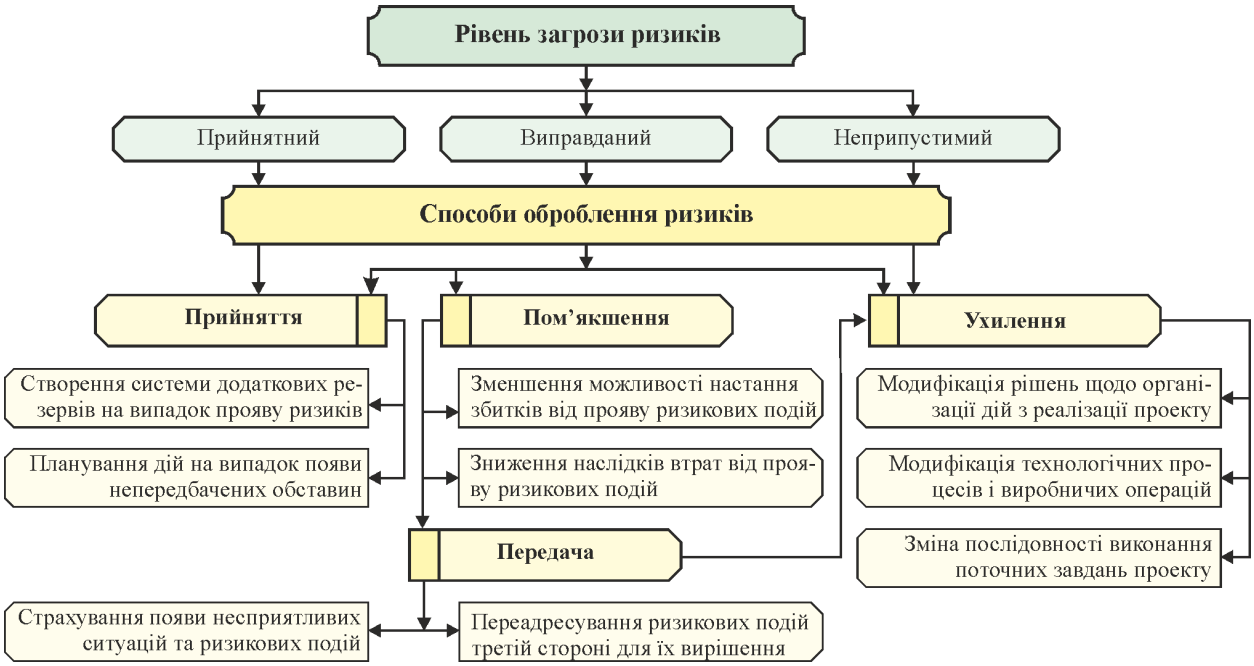

Рис. 6. Рівні загроз ризиків та способи їх оброблення

Розроблений вище підхід до оцінювання ступеню впливу ризиків на остаточні результати реалізації програмного проекту дає змогу достатньо просто реалізувати його як надбудову до деякого стандартного ПЗ. При цьому з'являється можливість оперативно оцінювати ступінь впливу ризиків за всіма проектами, що виконуються на поточний момент аналізу їхнього стану реалізації. Це вкрай важливо при аналізі етапів розроблення ПЗ загалом, бо дає можливість їхнім менеджерам і вищому керівництву (з роллю інвесторів програмних проектів) оперативно виявляти серед них ризикові проекти та зосереджувати свою увагу на тих проектах, що потребують негайного втручання та особистого впливу, і не турбуватися про ті із них, що виконуються в рамках дозволених відхилень.

Використання запропонованої системи оцінювання ризиків під час управління програмними проектами з використанням програмних засобів аналізу за наведеним вище алгоритмом дає змогу як менеджерам програмних проектів, так і вищому керівництву ІТ-компанії оцінювати стан процесу розроблення ПЗ і виявляти серед них найбільш критичні з тим, щоб найскоріше запровадити заходи для усунення можливих негативних наслідків прояву ризиків.

Висновки

Запропоновано підхід до управління ризиками реалізації програмних проектів, на підставі якого встановлено особливості кількісного оцінювання впливу ризикових подій на стан процесу розроблення ПЗ, що дало змогу визначити величину можливих втрат від настання негативних ситуацій. За результатами дослідження можна зробити такі основні висновки:

1. Охарактеризовано такі поняття, як управління програмними проектами та ризиками їх реалізації, що дало змогу визначити компоненти такого управління,

основні категорії ризиків, ризик-орієнтовний підхід до процесу управління, а також уможливило визначення прийнятного рівня ризику успішного завершення (провалу) програмних проектів ІТ-компанією. Встановлено, що при збільшенні витрат на підвищення безпеки реалізації програмних проектів так звані виробничі ризики (ризики неповноти вимог + технологічні) зменшуються, але зростають професійно-політичні ризики (ризики низької кваліфікації персоналу + політичні). Вирішення проблеми забезпечення такої безпеки зводиться до того, що існує ризиковий баланс між перевагами та недоліками запровадження відповідних заходів реагування на настання негативних ситуацій.

2. З'ясовано основні завдання процесу управління ризиками реалізації програмних проектів, розроблено відповідні рекомендації, які дають змогу керівництву ІТ-компанії передбачити появу негативних ситуацій і, як наслідок, подальших потенційних проблем, що вимагатиме від них попередньої підготовки персоналу до їхнього настання. Виявлено, що підготовка заходів реагування на потенційні проблеми зводиться до визначення певного набору дій, які потрібно зробити для того, щоб підсилити позитивні результати прояву ризикових подій і послабити негативні їх наслідки.

3. Розроблено методику оцінювання ризиків реалізації програмних проектів, яка дає змогу встановити порушення термінів виконання завдань проекту відносно їх запланованих термінів, де виявлені такі порушення, серед тих завдань проекту, що мають виконуватися на поточний момент. При цьому величину потенційних втрат можна оцінити шляхом встановлення значення найбільшого з можливих проявів ризикових подій на окремі завдання проекта з моменту оцінювання цього впливу, які загалом позначаються на остаточному терміні виконання усього проекту.

4. Встановлено особливості оцінювання впливу ризикових подій на хід реалізації програмного проекту, що дало змогу розробити методику визначення величини можливих втрат від настання негативних ситуацій. При цьому процедура оцінювання ідентифікованих ризиків реалізації програмного проекту ґрунтується на ефективності запланованих заходів реагування на ризикові події за ступенем їхнього впливу згідно з поточним значенням показника ризику.

Перелік використаних джерел

Artamonov, A. A. (2003). Funkcii Upravlenija riskami v processe realizacii investicionnyh stroitelnyh proektov. Abstract of doctoral dissertation for economic Sciences. Sankt-Peterburg, 20 p. [In Russian].

Borisov, A. N., Krumberg, O. A., & Fedorov, I. P. (1990). Priniatie reshenii na osnove nechetkikh modelei: primery ispolzovaniia. Riga: Izd-vo "Zinatne". 184 p. [In Russian].

Braude, E. Dzh. (2004). Tekhnologiia razrabotki programmnogo obespecheniia. Sankt-Petersburg: Izd-vo "Piter". 655 p. [In Russian].

DeMarko, T., & Lister, T. (2005). Valsiruia s medvediami: upravlenie riskami v proektakh po razrabotke programmnogo obespecheniia. Moscow: Izd-vo "Kompaniia p.m. Office". 190 p. [In Russian].

DoD. USA. (2014). Department of Defense Risk, Management Guide for Defense Acquisition Programs. 7th Edition (Interim Release) December 2014. Office of the Deputy Assistant Secretary of Defense for Systems Engineering, (pp. 6-11). Washington, D.C. Retrieved from: http://acqnotes.com/wp-content/uploads/2014/09/DoD-Risk-Mgt-Guide-v7-interim-Dec2014.pdf

Fatrell, R. T., Shafer, D. F., & Shafer, L. I. (2003). Upravlenie programmnymi proektami: dostizhenie optimalnogo kachestva pri minimume zatrat: per. s angl. Moscow: Izd. dom "Viliams". 1136 p. [In Russian].

Grytsiuk, M. Yu., Grytsiuk, P. Yu., & Gryciuk, Yu. I. (2017). The risks analysis in projects management of sustainable tourism development in the Carpathian region of Ukraine. In *L. Karczewski, H. A. Kretek (red.). Kulturowe, spoleczne, prawne i etyczne aspekty zarzadzania gospodarka i biznesem. Chapter: Multidisciplinary determinants of business and management*, (pp. 215–229). Raciborz: Wydawnictwo Panstwowej Wyzszej Szkoly Zawodowej w Reciborzu. 318 p.

Gultiaev, A. K. (2008). Microsoft Office Project Professional 2007. *Upravlenie proektami: prakticheskoe posobie*. Sankt-Peterburg: KORONA-Vek, 480 s. [In Russian].

Heckerman, D. (1995). A Tutorial on Learning With Bayesian Networks. Microsoft Research. Technical Report. 124 p.

Hugin Expert. (n.d.). Система для построения Байесовых систем. Retrieved from: http://www.hugin.com. [In Russian].

ISO/IEC 12207:2008. Systems and software engineering – Software life cycle processes

ISO/IEC 33001:2015. Information technology – Process assessment

Ivanko, S. (2008). Vnedrenie avtomatizirovannoi sistemy upravleniia organizatciiami. *Korporativnye sistemy, 1*, 20–25. [In Russian].

Johnson, D. L., & Tennessee, N. (2006). Risk Management and the Small Software 1. Project.

Kastellani, K. (1982). *Avtomatizatciia resheniia zadach upravleniia*. Moscow. 472 p. [In Russian].

Kovalev, V. (n.d.). Problemy vnedreniia korporativnykh sistem. Retrieved from: http://www.infocity.kiev.ua/other/content/other061.phtml. [In Russian].

Kulikova, E. E. (2008). Upravlenie riskami. Innovatcionnyi aspekt. Moscow: Izd-vo "Berator-pablishing". 224 p. [In Russian].

Kuzminykh, V. O., Khaustov, D. V., & Korostelov, Ye. Yu. (2010). Analiz ryzykiv u korporatyvnii systemi upravlinnia proektamy. *Reiestratsiia, zberihannia i obrobka danykh*, *12*(3), 99–107. [In Ukrainian].

Leonenkov, A. (2003). Nechetkoe modelirovanie v srede MATLAB i fuzzyTech. Sankt-Petersburg: Izd-vo "BKhV-Peterburg". 736 p. [In Russian].

Lipaev, V. V. (2005). Analiz i sokrashhenie riskov proektov slozhnykh programmnykh sredstv. Moscow: Izd-vo "Sinteg". 208 p. [In Russian].

Maksimov, V. I., & Nikonov, O. I. (2004). Modelirovanie riska i riskovykh situatcii : uchebn. posob. Ekaterinburg : Izd-vo GOU VPO UGTU – UPI. 82 p. [In Russian].

Mamedova, T. A. (2005). Model risk-menedzhmenta v INTERNET-kompanii. Retrieved from: http://masters.donntu.org/2005/fvti/mamedova/library/doc_2.htm. [In Russian].

Mikhailik, O. (2008). Vnedrenie sistemy "Galaktika ERP". *Korporativnye sistemy, 3*, 53–55. [In Russian].

Mykhailovska, O. V. (2008). Operatsiinyi menedzhment: navch. posibnyk. Kyiv: Konkord. 550 p. [In Ukrainian].

Netyksha, Oksana. (2004). *Upravlenie riskami. Finansovyj direktor*, 10. Retrieved from: http://www.management.com.ua/finance/fin097.html. [In Russian].

Reshke, Kh., & Shelle, Kh. (Eds.) (1994). *Mir upravleniia proektami: osnovy, metody, organizatciia, primenenie: sbornik*. Posviashhaetsia iubileiu R. V. Gutcha. (Trans. from English). Moskva: Alans. 303 p. [In Russian].

Reynolds, John C. (1998). *Theories of Programming Languages*. Cambridge University Press. 650 p.

Shkvir, V. D., Zahorodnii, A. H., & Vysochan, O. S. (2007). Informatsiini systemy i tekhnolohii v obliku (3d ed.). Kyiv: Znannia. 439 p. [In Ukrainian].

Singaevskaia, G. I. (2008). *Upravlenie proektami v Microsoft Project*. Moscow: Dialektika, 800 s. [In Russian].

Sobol, I. M. (1972). Metod Monte-Karlo. Moscow: Izd-vo "Nauka". 68 p. [In Russian].

Sommervill, I. (2002). Inzheneriia programmnogo obespecheniia. Sankt-Petersburg: Izd. dom "Viliams". 624 p. [In Russian].

SWEBOK. (2004). Guide to the Software Engineering Body of Knowledge. A project of the IEEE Computer Society Professional Practices Committee. Washington IEEE. 204 p.

Terekhov, S. A. (2003). Vvedenie v baiesovy seti. Moscow: Izd-vo MIFI. 188 p. [In Russian].

Williams, R. C., Pandelios, G. J., & Behrens, S. G. (1999). Software Risk Evaluation (SRE) Method Description.

Zyl, S. (2010). Proektirovanie, razrabotka i analiz programnogo obespecheniia sistem realnogo vremeni. Sankt-Petersburg: Izd-vo "BKhV-Peterburg". 336 p. [In Russian].

Ю. И. Грыцюк, М. Р. Жабич

Национальный университет "Львовская политехника", г. Львов, Украина

УПРАВЛЕНИЕ РИСКАМИ РЕАЛИЗАЦИИ ПРОГРАММНЫХ ПРОЕКТОВ

Предложен подход к управлению рисками реализации программных проектов, на основании которого установлены особенности оценки рисковых событий на состояние процесса разработки программного обеспечения (ПО), что позволило определить размер возможных потерь от наступления негативных ситуаций. Охарактеризованы такие понятия, как управление программными проектами и рисками их реализации, что позволило определить компоненты такого управления, основные категории рисков, риск-ориентированный подход к процессу управления, а также определено приемлемый уровень риска успешного завершения (провала) программных проектов IT-компанией. Установлено, что при увеличении затрат на повышение безопасности реализации программных проектов так называемые производственные риски уменьшаются, при этом растут профессионально-политические риски. Выявлено, что подготовка эффективных мер реагирования на потенциальные проблемы сводится к разработке определенного набора действий, которые нужно использовать для усиления положительных результатов проявления рисковых событий и ослабить негативные их последствия.

Разработана методика оценки рисков реализации программных проектов, позволяющая установить нарушение сроков выполнения задач проекта относительно запланированных сроков, где обнаружены такие нарушения, среди тех проектов, что должны выполняться на текущий момент. При этом размер потенциальных потерь можно оценить путем определения значения наибольшего из возможных проявлений рисковых событий на отдельные задачи проекта с момента оценки этого влияния, которые в целом сказываются на конечном сроке выполнения всего проекта. Установлены особенности оценки влияния рисковых событий на ход реализации программного проекта, что позволило разработать методику определения величины возможных потерь от наступления негативных ситуаций. При этом процедура оценки идентифицированных рисков реализации программного проекта базируется на эффективности запланированных мер реагирования на рисковые события по степени их влияния согласно текущего значения показателя риска.

Ключевые слова: программное обеспечение; рисковые события; негативные последствия; потенциальные проблемы; вероятность наступления неблагоприятных событий; приемлемый риск; риск возникновения потенциальных опасностей.

Yu. I. Hrytsiuk, M. R. Zhabych

Lviv Polytechnic National University, Lviv, Ukraine

RISK MANAGEMENT OF IMPLEMENTATION OF PROGRAM PROJECTS

An approach to the implementation of risk management software projects, on the basis of which the specific features of the evaluation of risk events on the state of the software development process, which allowed to determine the size of potential losses from the occurrence of negative situations. Characterized by terms such as software project management and risk their realization, allowing to determine the components of such a control, the main categories of risks, risk-based approach to the management process, as well as the defined acceptable level of risk the successful completion (failure) software project IT-company. It was found that an increase in the cost of improving the safety of the implementation of software projects so-called operational risks reduced, while increasing professional and political risks. Clarified the main tasks of the risk management process, the implementation of software projects, to develop appropriate recommendations to management of IT-companies to predict the appearance of negative situations and, as a consequence, further potential problems that require advance preparation guide staff prior to their occurrence. It was revealed that the preparation of an effective response to potential problems is to develop a specific set of actions that should be used to enhance the positive results of manifestation of risk events and mitigate their negative effects.

The technique of risk assessment implementation of a software project, allowing a violation of the terms of the project objectives with respect to the planned terms, where such violations are found, among the projects that must be carried out at the moment. The size of the potential losses can be estimated by determining the maximum value of the possible manifestations of risk events into individual tasks of the project since the evaluation of this effect, which generally affect the long term performance of the project. The features of assessing the impact of risk events on the progress of a software project, which allowed to develop a method for determining the magnitude of potential losses from the occurrence of negative situations.

Keywords: software; risk events; negative consequences; potential problems; the probability of occurrence of adverse events; acceptable risk; the risk of potential hazards.