

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ, МОЛОДІ ТА СПОРТУ УКРАЇНИ  
Інститут інноваційних технологій і змісту освіти  
Національний аерокосмічний університет ім. М.Є. Жуковського  
«Харківський авіаційний інститут»

О.Є. ФЕДОРОВИЧ, К.О. ЗАПАДНЯ, Т.М. НАЗАРЕНКО

## МОДЕЛЮВАННЯ ОРГАНІЗАЦІЙНИХ СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ ІТ-ПРОЕКТАМИ

Навчальний посібник

Рекомендовано

Міністерством освіти і науки, молоді та спорту України

Харків «ХАІ» 2011

УДК 658.012.32:004.942(075.8)

Ф 33

Рецензенти: д-р техн. наук, проф. В.М. Томашевський,  
д-р техн. наук, проф. М.Д. Годлевський,  
д-р техн. наук, проф. В.М. Левикін

Рекомендовано Міністерством освіти і науки, молоді та спорту  
України для студентів вищих навчальних закладів, які навчаються  
за напрямом підготовки «Комп'ютерні науки»  
(лист № 1/11-6086 від 14.07.11)

**Федорович, О. Є.**

Ф 33 Моделювання організаційних систем управління ІТ-проектами  
[Текст]: навч. посіб. / О.Є. Федорович, К.О. Западня, Т.М. Назаренко. – Х.: Нац. аерокосм. ун-т ім. М. Є. Жуковського «Харк. авіац. ін-т», 2011. – 144 с.  
ISBN 978-966-662-232-0

Проаналізовано організаційні системи управління ІТ-проектами та викладено методи їхнього дослідження. Наведено основи управління такими проектами. Проведено моделювання комунікаційних взаємодій учасників виконання ІТ-проекту. Описано моделі оптимізації організаційних систем управління ІТ-проектами й подано системну модель дослідження такого проекту.

Для студентів, які навчаються за напрямом «Комп'ютерні науки» при вивченні дисциплін «Управління ІТ-проектами», «Проектування інформаційних систем», «Компонентне програмування», «Технології комп'ютерного проектування», а також при виконанні курсових робіт і дипломних проектів. Корисно для магістрів та аспірантів, які займаються науковими дослідженнями проблем і завдань, пов'язаних з управлінням ІТ-проектами зі створення та реінжинірингу сучасних інформаційних систем.

УДК 658.012.32:004.942(075.8)

Іл. 22. Табл. 4. Бібліогр.: 151 назва

© Федорович О. Є., Западня К. О.,  
Назаренко Т. М., 2011

© Національний аерокосмічний  
університет ім. М. Є. Жуковського  
«Харківський авіаційний інститут», 2011

ISBN 978-966-662-232-0

## ЗМІСТ

СПИСОК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ І ПОЗНАЧЕНЬ.....	4
ВСТУП .....	5
Розділ 1. ОСНОВИ УПРАВЛІННЯ ПРОЕКТАМИ .....	7
1.1. Проект, його життєвий цикл і основні учасники .....	7
1.2. Організаційні структури і системи управління проектами ....	13
1.3. Аналіз існуючих стандартів управління проектами .....	19
1.4. Інформаційні технології управління проектами .....	27
Контрольні запитання .....	36
Завдання.....	36
Розділ 2. АНАЛІЗ ОСНОВНИХ ПІДХОДІВ І МЕТОДІВ УПРАВЛІННЯ ІТ-ПРОЕКТАМИ .....	37
2.1. Методи управління життєвим циклом ІТ-проекту .....	37
2.2. Методи формального опису завдань управління ІТ-проектom.....	41
Контрольні запитання .....	47
Завдання.....	48
Розділ 3. КОМУНІКАЦІЙНІ ПРОЦЕСИ В ОРГАНІЗАЦІЙНИХ СТРУКТУРАХ УПРАВЛІННЯ ІТ-ПРОЕКТАМИ .....	49
3.1. Управління комунікаціями в ІТ-проекті .....	49
3.2. Класифікація комунікаційних процесів .....	52
3.3. Аналіз моделей, що описують процеси комунікацій в організаційній структурі управління ІТ-проектами .....	57
Контрольні запитання .....	61
Завдання.....	61
Розділ 4. МОДЕЛЮВАННЯ ОРГАНІЗАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ІТ-ПРОЕКТОМ .....	62
4.1. Системна модель ІТ-проекту .....	62
4.2. Алгоритмічна модель комунікаційних взаємодій учасників ІТ-проекту .....	77
4.3. Мультиагентне моделювання організаційної системи управління ІТ-проектom .....	90
Контрольні запитання .....	97
Завдання.....	97
Розділ 5. ОПТИМІЗАЦІЯ ОРГАНІЗАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ІТ-ПРОЕКТАМИ .....	98
5.1 Комплексна оптимізація ІТ-проекту з урахуванням комунікаційних взаємодій його учасників .....	99
5.2. Багатокритеріальна оцінка ефективності ІТ-проекту .....	103
5.3 Обґрунтування організаційної системи управління на основі вирішення локальних оптимізаційних задач.....	106
Контрольні запитання .....	132
Завдання.....	133
БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК .....	134

## Список умовних скорочень і позначень

- ВП – виконавці проекту;
- ІМ – імітаційна модель;
- ІУС – інформаційно-управляючі системи;
- ЛС – лінійна структура;
- МС – матрична структура;
- МП – менеджер проекту;
- ОСУ – організаційна система управління;
- ПЗ – програмне забезпечення;
- ПКВ – протокол комунікаційної взаємодії;
- РСА – математичний апарат регулярних схем алгоритмів;
- ТМО – теорія масового обслуговування;
- ФР – функціональна робота ІТ-проекту;
- СР – комунікативні процеси між суб'єктами управління;
- МР – процеси з управління ІТ-проектом;
- ОBS – організаційна структура проекту;
- SSADM – методологія структурного аналізу і проектування систем;
- WBS – ієрархічна структура робіт проекту;
- WP – процеси зі створення продукту;
- W – виконавці ІТ- проекту;
- $R_P$**  – людські ресурси, доступні при виконанні ІТ-проекту;
- $R_S$**  – засоби, доступні при виконанні ІТ-проекту;
- $R_M$**  – методи, доступні при виконанні ІТ-проекту;
- SMCP** – системна модель процесу комунікацій;
- GMP** – протокол процесу комунікацій.

## ВСТУП

Інформаційні технології є одним з актуальних напрямів розвитку науково-технічного потенціалу України. Підготовка висококваліфікованих фахівців з ІТ-технологій пов'язана з розширенням і поглибленням знань із сучасних напрямів розвитку ІТ-технологій. При створенні наукоємних ІТ-продуктів велику увагу приділяють розробленню підходів і методів проектного менеджменту. Управління ІТ-проектами потребує створення високоефективних організаційних систем управління (ОСУ), для чого формується команда проекту й здійснюються взаємодії його учасників. Комунікаційні взаємодії є об'єктом особливої уваги менеджерів ІТ-проекту. Існуючі підходи, методи й моделі дозволяють проаналізувати майбутню ОСУ проектами на стадії формування замовлення і планування виконання робіт. Звідси випливає актуальність запропонованого навчального посібника, в якому розглядаються сучасні підходи, методи й моделі дослідження організаційних систем управління ІТ-проектами.

Впровадження методів, що вивчаються, дозволить підвищити ефективність практичної роботи майбутніх фахівців з ІТ-технологій при виконанні складних проектів зі створення апаратно-програмних ІТ-продуктів.

При вивченні процесів управління ІТ-проектами велику увагу приділяють управлінню ризиками, якістю проекту, термінами і фінансовими витратами. Досвід організацій, пов'язаних із розробленням ІТ-продуктів, свідчить про те, що останнім часом значний вплив на основні показники проекту (терміни, якість, фінансові витрати) роблять структура ОСУ ІТ-проектами і управління комунікаційними взаємодіями його учасників. Тому в розділах цього навчального посібника послідовно розглянуто питання аналізу й синтезу ОСУ ІТ-проектами, починаючи з основ теорії управління проектами і закінчуючи моделями оптимізації комунікаційних взаємодій учасників ІТ-проекту.

Метою посібника є методична допомога студентам старших курсів з напрямку «Комп'ютерні науки» при освоєнні дисциплін, пов'язаних з управлінням сучасними ІТ-проектами.

У навчальному посібнику розглянуто завдання, пов'язані з управлінням ІТ-проектами:

- засвоїти основи управління;
- проаналізувати підходи й методи управління;
- ознайомитися з існуючими технологічними платформами для автоматизованого управління;

- вивчити сучасні ОСУ ІТ-проектами;
- засвоїти типи й зміст комунікаційних взаємодій учасників проекту;
- навчитися створювати протоколи управління при плануванні та виконанні комунікаційних взаємодій учасників;
- навчитися формувати системне подання й модель ОСУ;
- навчитися моделювати ОСУ для аналізу її ефективності при плануванні й виконанні ІТ-проекту;
- освоїти методи оптимізації ОСУ;
- набути навичок з використання сучасних інформаційних технологій в галузі управління ІТ-проектами.

Для вивчення методів моделювання ОСУ ІТ-проектами використано: методи теорії управління проектами при плануванні й виконанні проекту; методи системного аналізу при відповідному системному поданні й моделюванні архітектури ОСУ; методи алгоритмічної алгебри для моделювання протоколів управління проектами; методи мультиагентного моделювання для оцінювання ефективності виконання ІТ-проекту; методи оптимізації при обґрунтуванні вибору раціональних структур ОСУ і схем комунікаційних взаємодій учасників ІТ-проекту.

Запропонований навчальний посібник є теоретичною і методичною основою для формування знань, умінь і навичок щодо управління ІТ-проектами. Студенти мусять:

- знати сучасні підходи і методи управління ІТ-проектами;
- знати сучасні ОСУ ІТ-проектами;
- уміти формувати системне подання ОСУ ІТ-проектами;
- уміти моделювати ОСУ ІТ-проектами;
- набути навичок з використання сучасних інформаційних технологій в області автоматизації планування і управління ІТ-проектами.

Матеріали навчального посібника дозволяють сформувати та закріпити знання нормативної навчальної дисципліни «Управління ІТ-проектами», а також суміжних дисциплін: «Проектування інформаційних систем», «Технології комп'ютерного проектування».

## **Розділ 1. ОСНОВИ УПРАВЛІННЯ ПРОЕКТАМИ**

У розділі проаналізовано поняття проекту, його життєвий цикл, визначено основних учасників, а також розглянуто основні принципи управління проектом. Особливу увагу приділено ІТ-проектам, виділено їхні особливості. Наведено визначення життєвого циклу проекту і фаз його виконання. Розглянуто принципи формування команди основних учасників проекту, які в сукупності утворюють організаційну структуру управління проектом. Досліджено основні процеси, пов'язані з плануванням і управлінням ІТ-проектами. Розкрито основний зміст робіт з планування і управління проектами.

### **1.1. Проект, його життєвий цикл і основні учасники**

Єдиного загальноприйнятого визначення поняття «проект» в літературі не існує. Наведемо декілька прикладів:

1. Тлумачний словник Вебстера: "Проект (від лат. projectus – кинутий вперед; англ. – project) – це що-небудь, що замислюється або планується, велике підприємство" [1].

2. Зведення знань з управління проектами, Project Management Institute, США: "Проект – деяке підприємство із спочатку встановленими цілями, досягнення яких визначає завершення проекту" [2]. В існуючих стандартах IPMA і UPMA з управління проектами під проектом розуміють тимчасовий захід, спрямований на створення унікального продукту, послуги або результату [3].

3. DIN 69901, Німеччина: "Проект – це підприємство (намір), яке більшою мірою характеризується неповторністю умов у їхній сукупності, наприклад: задання мети; часові, фінансові, людські та інші обмеження; відмежування від інших намірів; специфічна для проекту організація його здійснення" [4].

4. В.Д. Шапіро: "Під проектом розуміється процес цілеспрямованої зміни технічної або соціально-економічної системи, що переводить її з одного стану в інший" [5].

5. Брайан Твісс: "Кожний проект має починатися з чіткої постановки мети, в досягненні якої він і полягає і щодо якої оцінюється успіх проекту. Звичайно це й називається "Визначення проекту". Оскільки остаточний успіх визначається на ринку, цілі мають бути чітко визначені ринковою потребою, хоча можлива модифікована оцінка цієї потреби в термінах, найімовірніше досяжних на практиці" [6].

Проектні менеджери зазвичай виділяють такі основні особливості проекту [7-9]:

- спрямованість на досягнення чітко встановлених цілей і результатів;
- обмежена тривалість у часі із зазначенням певних дат початку й завершення;
- унікальність і новизна створюваного продукту, що часто не має аналогів;
- послідовне розроблення й розвиток проекту за фазами його життєвого циклу;
- координація виконання робіт між різними учасниками проекту;
- обмежена доступність ресурсів, що залучаються для виконання проекту.

Як видно з наведених вище визначень, починання або наміри, звані проектами, мають такі загальні ознаки: наявність мети; обмеженість у часі; обмеженість необхідних ресурсів; комплексність і відмежування; спеціальна організація проекту.

Таким чином, можна сформулювати більш загальне визначення цього поняття, яке задовольняє всім основним ознакам і не заперечує жодному з наведених визначень.

**Проект** – це обмежена за часом цілеспрямована зміна окремої системи із первісною чітко визначеною метою, досягнення якої характеризує завершення проекту, зі встановленими вимогами до термінів виконання, результатів, ризику, меж витрачання засобів і ресурсів, а також до організаційної структури [10].

Різноманітність проектів, з якими доводиться стикатися в реальному житті, надзвичайно велика. Вони можуть розрізнятися за сферою застосування, змістом предметної області, схемами фінансування, масштабом, тривалістю, складом учасників, ступенем складності та ін.

У цілому можна виділити ряд функцій, які є практично у всіх проектах. Для зручності аналізу й синтезу систем управління можна класифікувати проекти за різними критеріями. Наведена схема класифікації (рис. 1.1) не є єдиною, проте, вона дозволяє чітко виділити об'єкт дослідження зі всього різноманіття проектів.

Використано такі критерії класифікації проектів:

1. **Клас проекту** (за складом, структурою і предметною областю): монопроект, мультипроект, мегапроект. Монопроект – це окремий проект певного типу, вигляду і масштабу. Мультипроект – комплексні проекти або програми, здійснювані в межах крупних організацій, компаній і фірм – потребує багатопроєктного управління. Мегапроект – цільові програми розвитку регіонів, галузей, що містять безліч взаємозв'язаних проектів, об'єднаних загальною метою, виділеними



ресурсами і часом виконання.

2. **Тип проекту.** Визначається за основною сферою діяльності, в якій застосовується проект. Виділяють технічний, економічний, організаційний, соціальний або змішаний проекти.

3. **Вид проекту.** Визначається за характером предметної області. Проекти можуть бути інноваційними, інвестиційними, науково-дослідними, навчальними, змішаними.

4. **Тривалість проекту** (за тривалістю періоду виконання проекту): короткостроковий (до трьох років), середньостроковий (від трьох до п'яти років), довгостроковий (більше п'яти років).

5. **Масштаб проекту** (за розмірами бюджету, кількістю учасників і ступенем впливу на навколишній світ): дрібні, малі, середні, великі. Можна масштаби проектів розглядати в конкретнішій формі – міждержавні, міжнародні, національні, міжрегіональні і регіональні, міжгалузеві і галузеві, корпоративні, відомчі, проекти одного підприємства.

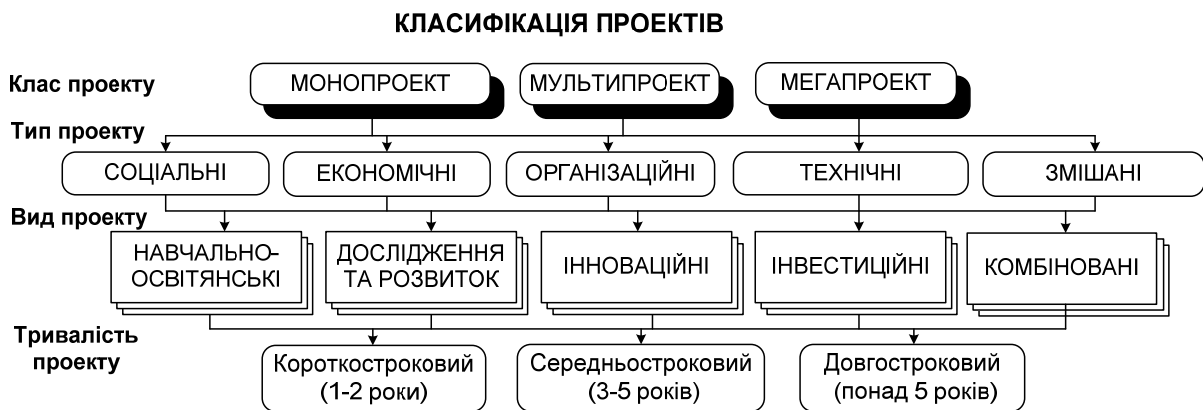


Рис. 1.1. Схема класифікації проектів

Відповідно до класифікації й поділення проектів на види можна виділити окремі особливості і умови, що дозволяють відрізнити проекти один від одного.

*Інвестиційні проекти.* Проекти, для яких точно визначено й зафіксовано: мету, дату завершення й тривалість виконання, витрати. Приклади інвестиційних проектів: будівництво житлового будинку, реконструкція підприємства.

*Проекти дослідження й розвитку.* Ці проекти характеризуються такими особливостями: чітко визначеною головною метою, але окремі цілі слід уточнювати в міру досягнення окремих результатів; терміном завершення й тривалістю виконання проекту, визначеними заздалегідь, їх дотримання є бажаним, але вони мають корегуватися залежно від отриманих проміжних результатів і загального просування проекту; плануванням витрат на проект, що часто

залежить від виділених асигнувань і менше від дійсного просування проекту; обмежень, пов'язаних з використанням наявних потужностей (устаткування та фахівців). Приклади таких проектів – дослідження в будь-якій науковій області, розроблення нового продукту.

*Економічні проекти.* Приклади: введення нової системи податків або приватизація підприємства. Особливості: мета проектів – поліпшення економічних показників функціонування системи, тому їх складно оцінити; головні цілі намічаються, але корегуються під час виконання проекту; те ж саме відбувається і з ресурсами, і терміном проекту. Це означає, що економічні результати мають бути досягнуті у фіксовані терміни при встановлених витратах, а ресурси надаються за потребою.

*Організаційні проекти.* Створення нової організації, проведення міжнародного форуму, реформування підприємства – це економічні проекти, що характеризуються заздалегідь визначеними цілями. Результати ж проекту визначити складніше, оскільки вони пов'язані з організаційним поліпшенням системи [11]. Тривалість виконання проекту задається заздалегідь, ресурси надаються в міру можливості.

*Соціальні проекти.* Реформування системи соціального забезпечення, соціальний захист незабезпечених верств населення, подолання наслідків природних і соціальних потрясінь. Ці проекти мають такі властивості: їх цілі тільки намічаються, а потім корегуються у міру досягнення проміжних результатів, кількісна і якісна оцінки ускладнені; терміни і тривалість виконання проекту залежать від імовірнісних чинників, витрати – від бюджетних асигнувань, ресурси виділяються, якщо є змога. Соціальні проекти є найбільш невизначеними.

*Інноваційні технічні проекти.* Ці проекти виділяють в окремий клас, оскільки вони мають певні відмітні особливості. Ці проекти реалізуються на базі передових досягнень науки, техніки й технологій. У більшості випадків основним результатом інноваційних проектів є високотехнологічний продукт високої якості з новими унікальними властивостями. В процесі реалізації проектів значна частка науково-дослідних або проектно-конструкторських робіт, отримані результати можуть бути використані як база для реалізації проектів «наступного покоління». Для реалізації проекту більшою мірою необхідні унікальні людські ресурси (учені, фахівці, керівники), ніж виробничі. Важливою є роль чинників часу і конкуренції, а також інформаційної складової. Реалізація проекту відбувається на стику наук.

*ІТ-проекти.* Такі проекти зустрічаються у всіх галузях, де застосовуються інформаційні технології. До них належать розроблення програмного забезпечення й впровадження

(реінжиніринг) інформаційних/автоматизованих систем. При реалізації ІТ-проектів існує досить велика ймовірність зриву термінів їхнього виконання, перевищення планової трудомісткості, а також неодержання запланованих результатів. Для таких проектів характерна висока інтенсивність й ітераційність виконання робіт у поєднанні з глибокою деталізацією календарно-сітьових графіків. Зазвичай потрібна деталізація та спеціалізація трудових ресурсів щодо конкретних задач. Управлінню нетрудовими ресурсами й матеріалами приділяється менше часу. Збір фактичних даних від виконавців, як правило, здійснюється за допомогою web-табелів. Період актуалізації – від одного дня до тижня. Часто виникає задача інтеграції системи управління ІТ-проектами з іншими системами – перш за все, CASE-засобами, системами CRM.

Особливістю ІТ-проекту є його реалізація на різних етапах життєвого циклу інформаційно-управляючої системи (ІУС).

На стадії створення ІУС зміст ІТ-проекту пов'язано з формуванням архітектури системи, переліком функціональних задач, побудовою системної моделі предметної області управління, а також з управлінням конкретними проектними роботами з розроблення апаратно-програмних засобів ІУС. На стадії експлуатації ІУС через змінення змісту завдань об'єкта управління ІТ-проекти орієнтовано на реінжиніринг і модернізацію існуючих ІУС. ІТ-проекти модернізації містять змінення архітектури системи, перехід на нову технологічну платформу, введення нових режимів функціонування ІУС, розроблення апаратно-програмних засобів для виконання нових функціональних задач ІУС.

### **Життєвий цикл проекту**

Для забезпечення ефективного планування, організації й контролю виконання проекту, взаємодії його учасників необхідно визначити життєвий цикл проекту, тобто послідовність окремих фаз, стадій і етапів, що пов'язують початок проекту з його завершенням [38, 39, 43-45]. Життєвий цикл проекту є базовим поняттям для дослідження проблем реалізації проекту, проведення різних видів проектного аналізу, організації фінансування проектних робіт, подальшої деталізації структури проекту.

При формуванні основних етапів життєвого циклу проекту як досвід кращих практик проектні менеджери рекомендують [2,3,12–14]:

- описувати склад робіт, які мають бути виконані в кожній фазі;
- визначити результати, які мають бути отримані в ході виконання кожної фази;

- назначати виконавців, яких необхідно залучити для виконання кожної фази;
- забезпечувати організацію, контроль і підтвердження виконання кожної фази.

Зазвичай для кожного проекту слід виділяти початкову фазу, проміжні фази виконання робіт і фазу завершення проекту. Проте життєві цикли проектів навіть в межах однієї області застосування можуть мати значні відмінності. Зараз не існує єдиного загальноприйнятого способу поділення процесу виконання проекту на складові елементи. Це також можна пояснити особливостями ставлення різних учасників проекту (замовника, інвестора, керівника проекту, виконавця) до його поділення на найважливіші проміжки, які дозволяють планувати, контролювати і коректувати його виконання.

Наприклад, виконавець проекту з розроблення нового зразка техніки може виділити такі фази життєвого циклу [15,16]:

1. Початкова фаза, коли розробляють концепцію проекту і його техніко-економічне обґрунтування, формують план виконання проекту.

2. Фази проектування, коли розробляють технічне завдання, виконують науково-дослідні й дослідно-конструкторські роботи зі створення нового зразка техніки.

3. Фаза завершення, коли проводять приймально-здавальні випробування і закривають проект.

Замовник або інвестор може виділити такі фази життєвого циклу [17–19]:

1. Передінвестиційна – визначають основні цілі і завдання проекту, виконують його техніко-економічне обґрунтування, проектний аналіз, а також формують план і бюджет проекту.

2. Інвестиційна – назначають основних учасників проекту, виконують роботи щодо проектування нового зразка техніки, підготовки виробництва, будівництва, підбору і навчання персоналу.

3. Експлуатаційна – здають проект в експлуатацію, збільшують обсяги виробництва, удосконалюють продукт проекту і технологію його виготовлення.

4. Завершення – закривають проект, складають звіт про його виконання, узагальнюють отриманий практичний досвід.

Для успішного виконання проекту необхідно визначити основних учасників, інтереси яких можуть істотно впливати на досягнення цілей і результатів проекту. До основних учасників проекту зазвичай належать [2, 3, 20–22]:

1. Замовник – особа або організація, майбутній власник результатів проекту.

2. Інвестор – особа або організація, що здійснює інвестиції в проект.

3. Керівник проекту, який відповідає за управління проектом і координацію взаємодій його учасників.

4. Виконавець – організація, що безпосередньо бере участь у виконанні проекту.

5. Підрядчик – організація, що виконує окремі роботи за проектом відповідно до контракту.

6. Команда управління проектом – менеджери, залучені для управління проектом.

7. Органи влади, які підтримують пов'язані з проектом правові, економічні, соціальні й екологічні вимоги.

Крім того, до учасників проекту можуть належати спонсори, конкуренти, споживачі продукції проекту, консалтингові і юридичні організації.

Менеджери проекту мають управляти очікуваннями основних його учасників, знаходити компромісні вирішення конфліктів між зацікавленими сторонами, що мають різні цілі. Це дозволить уникнути багатьох проблем у ході виконання проекту і успішно його завершити [23–25].

При одночасній реалізації декількох крупних проектів, що знаходяться на різних етапах життєвих циклів, керівництво підприємства стикається з такими організаційними проблемами [26–28]:

- розподілом обов'язків між командами учасників проектів;
- делегуванням проектним менеджерам необхідних повноважень для виконання завдань управління проектами;
- відсутністю достатньо чітких критеріїв оцінки виконаних в проектах завдань;
- відсутністю ефективної залежності між виконаними завданнями проектів і відповідною мотивацією.

Таким чином, проекти зазвичай виконують у межах підприємства, структура якого складніша, ніж у проекті, і часто це накладає обмеження на доступність ресурсів. Менеджерам проекту слід мати уявлення про те, який вплив має організаційна структура й система управління підприємством на виконання проекту.

## **1.2. Організаційні структури і системи управління проектами**

В основному всі виконувані підприємством проекти спрямовано на здійснення його основної діяльності або на проведення різних змін усередині підприємства. До проектно-орієнтованих належать

підприємства, які отримують основний прибуток за рахунок виконання проектів або застосовують управління через проекти. На підприємствах, які не орієнтовані на виконання проектів, часто є відсутніми системи, що здійснюють ефективну й результативну підтримку потреб проектів, що істотно ускладнює управління ними [29–31].

Основна мета створення на підприємстві системи управління проектами – це ефективне управління всією проектною діяльністю, що забезпечує успішне завершення проектів в задані терміни і в рамках встановленого бюджету, а також нагромадження й застосування досвіду кращих практик з управління проектами. До основних завдань ОСУ проектами підприємства належать [32–34]:

- виконання більшої кількості проектів шляхом ефективного перерозподілу ресурсів між ними без збільшення кількості персоналу і капіталовкладень;

- узгодження й корегування основних цілей і результатів проектів, ранжування проектів за ступенем їхньої стратегічної значущості для підприємства;

- підвищення точності планування проектів за рахунок визначення потреби в необхідних ресурсах та їхнього ефективного розподілу між проектами, а також оптимізації розкладу проекту та застосування спеціальних інструментальних засобів календарного планування;

- підвищення ефективності взаємодії підрозділів підприємства за рахунок створення і застосування корпоративних стандартів, опису функціональних обов'язків і розподілу відповідальності учасників проекту, визначення принципів взаємодії та вирішення конфліктів під час роботи над проектами;

- підвищення ефективності роботи співробітників за рахунок виконання стандартних процедур, нагромадження успішного практичного досвіду реалізації проектів;

- зниження проектних ризиків підприємства за рахунок розроблення методик виявлення, оцінювання і управління ризиками в ході виконання проектів;

- оптимізація фінансових потоків за проектами та фінансових витрат підприємства при виконанні проектів шляхом застосування спеціальних процедур бюджетування;

- забезпечення регулярного контролю виконуваних проектів з боку керівництва підприємства для своєчасного виявлення негативних тенденцій при реалізації проектів та ухвалення обґрунтованих рішень.

Тип, вид, масштаб і складність проекту є визначальними при виборі організаційної структури управління проектом. Часто ці

характеристики й визначають основний склад учасників проекту, їхні ролі, функції, повноваження, обов'язки та відповідальність.

Особливий інтерес привертають учасники ІТ-проекту, які безпосередньо залучені до його виконання, а саме – керівник і команда проекту.

*Керівник ІТ-проекту* – фізична особа, якій керівництво організації делегує повноваження щодо керівництва роботами з виконання проекту: планування, контролю й координації робіт всіх учасників. Перед керівником проекту і його командою зазвичай ставиться завдання щодо всеосяжного керівництва й координації робіт протягом життєвого циклу проекту, досягнення певної мети й результатів при дотриманні встановлених термінів робіт, бюджету і вимог якості.

*Команда ІТ-проекту* – організаційна структура, яку створюють на період виконання проекту, і до якої належать окремі особи, групи і/або організації, що мусять процювати над цим проектом і відповідати перед керівником за його виконання. За формою команда проекту відповідає існуючій організаційній структурі управління проектом і зберігає розподіл функцій, обов'язків і відповідальності за ухваленні рішення в процесі його реалізації. На верхньому рівні структури знаходиться керівник проекту, на нижньому – виконавці, відділи і фахівці, що відповідають за окремі функціональні області.

У сукупності ці учасники утворюють організаційну структуру управління проектом, у рамках якої здійснюється їхня взаємодія, що є необхідною для успішного досягнення поставлених цілей. У різних роботах поняття організації визначається по-різному, а саме це:

- внутрішня впорядкованість, узгодженість взаємодії більш-менш диференційованих і автономних частин цілого, що обумовлено його будовою [35];

- сукупність процесів або дій, що сприяють утворенню та вдосконаленню зв'язків між частинами цілого;

- об'єднання людей, які спільно реалізують деяку програму або мету і які діють на основі певних процедур і правил, тобто механізмів функціонування [36].

*Організаційна структура управління* – це інформаційні, керівні та інші зв'язки між учасниками, включаючи відносини підпорядкованості й розподіл прав ухвалення рішень, схему документообігу, структуру матеріальних потоків тощо [37].

Одним із завдань керівництва організації є побудова раціональної ОСУ, тобто структури, що якнайбільше відповідає призначенню організації й приводить до максимальної ефективності її функціонування. На принципи побудови ОСУ впливає значна кількість

чинників: розмір організації, специфіка технології її функціонування, структура її документообігу, обмеження можливостей передачі та перероблення інформації в системі управління, законодавчі обмеження тощо.

### **Класифікація організаційних систем управління**

Залежно від ступеня інтегрованості управління ІТ-проектами до загальної організаційної структури компанії, що займається ІТ-проектами, можуть належати такі типові структури ОСУ [2, 3, 38]:

1. **Вироджена структура (ВС)**, в якій відсутні будь-які зв'язки між учасниками.

2. **Лінійна структура (ЛС)**, при якій підлеглість учасників має вид дерева, тобто кожен учасник є підпорядкованим одному й лише одному учасникові наступного вищого рівня ієрархії (слід зазначити, що в переважній більшості робіт, що містять формальні моделі управління організаційними системами, розглянуто моделі ОС, що характеризуються саме деревовидними структурами). Лінійна структура визначається повною централізацією ухвалення як стратегічних, так і оперативних рішень.

3. **Матрична структура (МС)**, в якій деякі учасники можуть бути підпорядковані одночасно декільком учасникам, що знаходяться або на одному й тому ж вищому рівні, або на різних рівнях ієрархії (це так зване подвійне підпорядкування, міжрівнева взаємодія й розподілений контроль [39–42]). Для вирішення конкретних задач ІТ-проекту в матричній організаційній структурі створюються тимчасові проектні групи, які очолюють керівники проектів. Ці групи формують з фахівців відповідних функціональних відділів, які займаються розробленням окремих підсистем ІУС і знаходяться на різних рівнях ієрархії управління. Взаємодія керівників ІТ-проектами з функціональними відділами здійснюється за горизонталлю (або діагоналлю) і ці зв'язки, накладаючись на традиційні вертикальні зв'язки керівництва-підпорядкування, утворюють матрицю взаємозв'язків. Завдяки матричній структурі з'являється можливість гнучкого маневрування людськими ресурсами шляхом перерозподілу між ІТ-проектами, але за умови збереження їхньої адміністративної належності відповідним функціональним відділам. Перехід до матричної структури пов'язано з низкою важко вирішуваних проблем, таких як взаємодія функціональної й проектною структур, організація проектних груп. При збільшенні розміру проекту швидко зростає мережа комунікацій, що призводить до уповільнення процесу ухвалення рішень.



На основі типових ОСУ створено структури, що були застосовані при управлінні проектами.

**Лінійно-штабна структура.** У цій структурі при керівниках створюються спеціальні штабні служби (бюро аналізу, відділи інспекції, група сітьового планування і управління, відділ з експлуатації ІУС та ін.), які, не маючи права ухвалювати рішення та керувати, надають допомогу відповідним керівникам щодо окремих функцій. У наш час така організаційна структура найчастіше використовується на нижніх і середніх рівнях ієрархії управління [40].

**Функціональна структура** в чистому вигляді у наш час майже не застосовується. У функціональній структурі утворюється ієрархія управлінських ланок при виконанні кожного функціонального завдання зі створення ІУС. Функціональна спеціалізація апарату управління впливає на підвищення ефективності його роботи шляхом підвищення професійної спеціалізації працівників управління. Проте при цьому виникає проблема міжфункціональної координації, причому її здійснення можливе лише на найвищих рівнях управління, але керівники через велике навантаження не завжди здатні здійснити таку координацію [43–45].

**Лінійно-функціональні структури** особливо ефективні в організаціях, пов'язаних з реалізацією проектів і для яких характерні стабільний режим роботи, відносно мала залежність від зовнішнього середовища, незмінний характер спеціалізації виробництва, рівномірний темп розвитку. Проте при порушенні будь-якої з вказаних вище умов, наприклад, при зміні спеціалізації, різкому збільшенні обсягів робіт або переході на нову технологію виробництва така структура виявляється малоефективною.

**Програмно-цільові структури.** Відповідно до системного підходу вся сукупність робіт, що забезпечують вирішення певної проблеми, розглядається не з позицій сталої ієрархії підпорядкування, а з позицій досягнення певної мети або вирішення вказаної проблеми. Для управління розробленням крупних проектів і програм зі створення ІУС формуються комплексні структури, яким надано необхідні повноваження. Вони мають підвищити відповідальність за кінцевий результат робіт; створити мобільний механізм для одночасного виконання декількох ІТ-проектів; забезпечити пріоритет загальних глобальних цілей організації над приватними, локальними цілями функціонального характеру; децентралізувати вирішення оперативних задач за допомогою гнучкого і оперативного реагування на зміну зовнішніх і внутрішніх умов [10,41,42].

**Проектне управління.** У функціональній структурі управління

розроблення й реалізація проектів з нових видів продукції здійснюється спеціальною проектною групою, що має необхідний науково-технічний персонал, устаткування і матеріальні ресурси. Ця проектна група створюється для вирішення конкретної проблеми, наприклад, розроблення і впровадження ІТ-проекту, і після її вирішення розпускається. При цьому відповідні ресурси і персонал, раніше залучені до роботи над проектом, повертаються в свої спеціалізовані підрозділи.

**Офіс управління проектом** (Project Management Office – PMO) – це підрозділ, який здійснює централізацію й координацію управління проектами і програмами, що входять до його компетенції. PMO може брати участь у виборі, переміщенні персоналу, зайнятого виконанням декількох проектів, а також управлінням ним.

Серед ключових функцій PMO виділяють [2, 46–49]:

- визначення і розроблення методології, найкращих практик і стандартів управління ІТ-проектами;
- управління загальними й координованими ресурсами, принципами, процедурами, шаблонами і загальною документацією всіх ІТ-проектів;
- централізований конфігураційний менеджмент, управління загальними і унікальними ризиками;
- централізоване управління інструментальними засобами, наприклад, загальне для підприємства програмне забезпечення з управління ІТ-проектами;
- координацію загальних стандартів якості проектів між менеджером проекту і співробітниками підприємства;
- централізовану координацію управління комунікаціями між різними ІТ-проектами;
- централізований моніторинг всіх бюджетів і графіків виконання проектів на рівні підприємства;
- навчальний центр для менеджерів ІТ-проектів.

Таким чином, PMO – структурний підрозділ підприємства, що відповідає за управління всіма ІТ-проектами для досягнення їхніх основних цілей і результатів, а також стратегічних цілей підприємства в цілому. Для зниження протидії з боку функціональних менеджерів управлінські функції офісу управління ІТ-проектами слід передавати поетапно і спрямовувати на використання процесів, що вже існують на підприємстві, а не на їхню кардинальну зміну. Для отримання очікуваного ефекту від створення і розвитку офісу управління ІТ-проектами його цілі і основні виконувані задачі мусять відповідати загальному рівню організаційної зрілості підприємства в управлінні

проектами.

У зарубіжній практиці управління проектами зі створення ІУС останніми роками все ширше застосовують особливі форми управління, що гнучко поєднують сучасні й традиційні форми: на вищому рівні використовують проектне управління, управління продуктом, а на середніх рівнях – традиційний і відносно недорогий лінійно-функціональний апарат, в якому застосовують сучасні технічні засоби збирання, оброблення і передавання інформації.

Кожній з перелічених структур відповідає свій механізм управління, ефективність якого впливатиме на реалізацію ІТ-проекту в цілому.

### **1.3. Аналіз існуючих стандартів управління проектами**

У цей час у світі існує велика кількість стандартів і методологій управління, у тому числі й ІТ-проектами, які поширюються як на міжнародному, так і на національному рівнях.

Можна виділити такі основні стандарти :

- PMBOK (PMI, 2004);
- ISO 10006 (Guidelines to Quality in Project Management);
- BS 6079(British Standards Board, 1996);
- DIN 69 900 series x-50-100 series (German standards);
- APM BOK (APM Association for Project Managers: Body of Knowledge, revised March 1996 (Version 3), High Wycombe, 1996);
- ICB IPMA Competence Baseline (1999);
- Australian National Competency Standards for Project Management (1996);
- Prince 2 (PProjects IN Controlled Environments);
- ANSI/EIA-748-98 - Earned Value Management Systems (EVMS), 1998;
- DSDM (Dynamic Systems Development Method).

*Аналіз міжнародних стандартів асоціації управління проектами.* Зведення знань з управління проектами (Project Management Body of Knowledge - PMBOK) поєднало в собі як традиційні, так і інноваційні знання з управління проектами [2]. Практичні засоби управління проектами описано в термінах складених процесів. Ці процеси були об'єднані у дев'ять галузей знань, які наведено в табл. 1.1. Значна частина знань, необхідних для управління проектами, є унікальною, проте PMBOK містить знання, що перехрещуються з іншими дисциплінами управління: технологією, організацією, економікою.

**Процеси управління проектами  
згідно із Зведенням знань з управління проектами**

<b>Область знань щодо виконання проекту</b>	<b>Характеристика процесів</b>
<i>Управління інтеграцією</i>	Забезпечує координацію різних елементів проекту, а саме: розроблення плану проекту, його виконання та загальний контроль змін
<i>Управління змістом</i>	Передбачає включення в проект тільки тих робіт, які необхідні для успішного його виконання, а також ініціацію робіт, планування, визначення, утвердження й контроль змін предметної області
<i>Управління термінами</i>	Необхідно для своєчасного завершення проекту, тобто для визначення складу робіт, встановлення їхньої послідовності й тривалості, розроблення календарних планів і контролю їхнього виконання.
<i>Управління вартістю</i>	Необхідно для того, щоб проект було виконано в межах встановленого бюджету. Складається з планування ресурсів, оцінювання вартості, розроблення бюджету й контролю витрат
<i>Управління якістю</i>	Забезпечує задоволення тих потреб, для здійснення яких проект створюють. Складається з планування, забезпечення і контролю якості
<i>Управління людськими ресурсами</i>	Забезпечує найбільш ефективну роботу з персоналом, залученим для виконання проекту. Сюди входять: організаційне планування, процес вибору кадрів і розвиток команди проекту
<i>Управління комунікаціями</i>	Призначено для своєчасного й коректного формування, збирання, розподілу, зберігання й знищення інформації за проектом. Складається з планування комунікацій, розподілу інформації, надання звітів
<i>Управління ризиками</i>	Описує процеси, пов'язані з визначенням, аналізом ризиків і відповідною реакцією на їх появу в проекті. Сюди входять: визначення й кількісна оцінка ризиків, розроблення заходів реагування і контроль реакції
<i>Управління постачаннями</i>	Забезпечує постачання продуктів і послуг ззовні, включаючи планування контрактів і постачань, планування і отримання пропозицій, вибір джерела постачання, управління контрактами

**Процеси планування ІТ-проекту.** Існуючі стандарти й технології управління ІТ-проектами ґрунтуються на застосуванні процесного підходу, відповідно до якого під процесом розуміють ряд взаємозв'язаних дій, що виконуються для досягнення заздалегідь певних результатів. Зазвичай виділяють процеси управління проектом

і процеси, орієнтовані на створення продукту ІТ-проекту [2, 3, 8].

Згідно із загальноприйнятими стандартами IPMA і UPMA з управління проектами, а також з роботами фахівців з PMI і вітчизняних авторів до управління ІТ-проектами належать такі основні групи процесів [2, 3, 50–52]:

- ініціації, що визначають і ініціюють початок виконання проекту або фази його життєвого циклу;
- планування, які характеризують основні цілі проекту й формують послідовність дій для їхнього успішного досягнення;
- виконання, що об'єднують персонал, матеріальні, фінансові й часові ресурси для реалізації плану проекту;
- контролю, що відстежують хід виконання проекту, відповідність плану одержаних результатів, а також дії, що у разі потреби коректують, для досягнення цілей ІТ-проекту;
- завершення, що формалізують ухвалення результатів виконання ІТ-проекту або успішно закінченої його фази.

Накопичений практичний досвід реалізації ІТ-проектів показує, що найбільш важливими процесами їхнього управління вважають планування і контроль виконання [53]. Більшість успішно завершених ІТ-проектів (нижче наведені відсотки цих проектів) пов'язують з такими умовами [54, 55]:

- чітко поставленими цілями і баченням переваг для розвитку бізнесу – 88 %;
- достатнім ресурсним забезпеченням – 82 %;
- компетентним управлінням – 70 %;
- ретельним плануванням – 63 %;
- чітким плануванням змісту – 52 %.

До основних процесів планування ІТ-проекту належать такі [2, 18, 31]:

- розроблення плану управління проектом для об'єднання всіх допоміжних планів в єдиний план управління проектом;
- формування змісту для створення плану управління змістом, а також розроблення його докладного опису;
- створення ієрархічної структури робіт проекту (WBS) для поділення основних результатів і робіт за ІТ-проектом на менші елементи;
- визначення складу робіт для формування переліку дій, що виконуються для отримання результатів;
- визначення послідовності робіт для задання залежностей і взаємозв'язків робіт за проектом;
- планування ресурсів, що є необхідним для оцінювання типу й

кількості ресурсів, потрібних для виконання робіт;

- оцінювання тривалості робіт для визначення кількості робочих періодів при виконанні проекту;
- аналіз послідовності й тривалості робіт, вимог до ресурсів і термінів з метою складання розкладу проекту;
- визначення вартості ресурсів, використовуваних для виконання робіт за проектом, що дозволить оцінити вартість цих робіт;
- розроблення бюджету для оцінювання вартості запланованих робіт;
- планування якості, що включає визначення стандартів якості виконання проекту і засобів для задоволення вимог цих стандартів;
- планування персоналу для визначення необхідної кількості учасників проекту;
- планування інформаційної взаємодії для визначення потреб учасників проекту в інформації і комунікаціях;
- планування управління ризиками для організації й визначення відповідальності щодо управління проектними ризиками;
- ідентифікація ризиків для визначення причин і наслідків проектних ризиків;
- якісний аналіз ризиків для визначення пріоритетів проектних ризиків;
- кількісний аналіз ризиків для встановлення їхнього впливу на досягнення цілей проекту;
- планування реагування на ризики для розроблення заходів щодо реагування на проектні ризики;
- укладання планів закупівель для організації постачань при виконанні проекту;
- планування контрактів для формування вимог до продуктів, послуг і результатів проекту.

Для забезпечення ефективного планування IT-проекту як загальноприйнятий успішний практичний досвід рекомендують застосовувати такі засоби і методи проектного менеджменту:

- ієрархічну структуру робіт проекту (WBS), за допомогою якої структурують і визначають зміст IT-проекту [2, 56, 57];
- організаційну структуру управління проектом (OBS) і діаграми RACI, за допомогою яких розподіляють ролі й відповідальність співробітників команди для виконання робіт за проектом [2, 19, 22];
- метод PERT для визначення тривалості і вартості виконання робіт за проектом [2, 52, 58];
- методи сітьового планування для формування розкладу виконання робіт і бюджету проекту [2, 51, 59].

Основним елементом при розробленні плану управління IT-проектом є його структура WBS для визначення змісту робіт, залучення необхідних для їхнього виконання ресурсів, оцінення тривалості й вартості проектних робіт, формування розкладу виконання робіт і бюджету проекту. Структура WBS є необхідною для управління базовими областями знань IT-проекту і ефективного контролю його виконання.

Найчастіше при створенні WBS використовують життєвий цикл IT-проекту, і його фази виділяють як верхній рівень декомпозиції. Потім кожен етап його життєвого циклу поділяють на дрібніші керовані частки й на кожному нижчому рівні виконують детальніше визначення проектних робіт. Зазвичай таку декомпозицію IT-проекту здійснюють до четвертого або п'ятого рівня. Для ефективного управління проектом роботи нижнього рівня структури WBS повинні мати значно меншу тривалість і вартість виконання порівняно з проектом в цілому [2, 56, 57].

До помилок, які найчастіше допускають при плануванні IT-проектів, належать [11, 60, 61]:

- недостатність ресурсів і неправильне визначення вимог до необхідних ресурсів;
- неправильне оцінювання тривалості й вартості виконання робіт;
- неточне попереднє оцінювання ризиків;
- недостатньо чітке управління, неправильне визначення ролей і обов'язків;
- неповна або недостовірна інформація про виконання робіт.

Таким чином, план управління проектом, складений з помилками, і такий, в якому не враховується негативна дія проектних ризиків, буде причиною появи багатьох ризиків в ході виконання IT-проекту і постійного внесення змін в проект. Створена WBS, склад і опис змісту робіт дозволяють сформулювати первинний перелік можливих проектних ризиків для всіх фаз і етапів життєвого циклу проекту.

**Процеси контролю виконання IT-проекту.** Ця група процесів є необхідною для ефективної реалізації проекту, своєчасного виявлення проблем щодо його виконання і відхилень від плану, здійснення у разі потреби відповідних коректувальних дій. За допомогою регулярного контролю одержують інформацію про поточний стан виконання IT-проекту, визначають ділянки робіт, яким необхідно приділяти додаткову увагу, забезпечують зворотний зв'язок між фазами життєвого циклу проекту для застосування коректувальних або застережливих дій.

До основних процесів контролю виконання ІТ-проекту належать такі [2, 18, 31]:

- моніторинг й управління роботами для збирання інформації про хід виконання проекту, оцінювання його показників, аналіз і контроль дій щодо досягнення основних цілей і результатів проекту;
- загальне управління змінами, за допомогою якого враховують внесення змін у проект і час їхнього оброблення;
- підтвердження змісту для формалізації приймання результатів стосовно завершених робіт за проектом;
- управління змістом для контролю й змінення змісту проекту;
- управління розкладом для контролю й змінення розкладу проекту;
- управління вартістю для контролю й змінення бюджету проекту;
- контроль якості, необхідний для визначення відповідності одержаних результатів прийнятим стандартам якості й проведення заходів, спрямованих на усунення незадовільного виконання робіт;
- управління командою, контроль її діяльності з метою поліпшення виконання робіт за проектом;
- звітність про виконання робіт, що є необхідною для збирання інформації про поточний стан справ за проектом і прогнозу подальшої його реалізації;
- управління учасниками проекту, задоволення їхніх вимог, що сприятиме вирішенню проблем, що виникають у процесі роботи;
- спостереження за ризиками і управління ними, моніторинг визначених проектних ризиків і виявлення нових ризиків, а також реагування на появу ризиків при виконанні проекту;
- адміністрування контрактів для управління взаєминами учасників проекту.

Найбільшого поширення при контролі виконання ІТ-проекту набув метод освоєного об'єму (EV), відповідно до чого визначають такі показники [62–66]:

- бюджетну вартість запланованих робіт (BCWS);
- бюджетну вартість виконаних робіт (BCWP);
- фактичну вартість виконаних робіт (ACWP).

Ці показники використовують для оцінювання поточного стану виконання робіт за ІТ-проектом і розраховують таким чином:

- відхилення за вартістю

$$CV = BCWP - ACWP; \quad (1.1)$$

- відхилення за термінами

$$SV = BCWP - BCWS. \quad (1.2)$$



Для аналізу ефективності виконання проектних робіт за вартістю і термінами розраховують:

- індекс виконання за вартістю

$$CPI = \frac{BCWP}{ACWP}; \quad (1.3)$$

- індекс виконання за термінами

$$SPI = \frac{BCWP}{BCWS}. \quad (1.4)$$

Якщо  $CPI > 1$  і  $SPI > 1$ , то проект виконують з економією коштів бюджету й випередженням плану. За допомогою розрахованих значень показників (1.1) – (1.4) визначають тенденції розвитку ІТ-проекту, прогнозують вартість і тривалість виконання робіт за цим проектом.

Застосування методу EV дозволяє проектним менеджерам ефективно контролювати процес виконання ІТ-проекту, проводити аналіз відхилень виконання робіт за цим проектом від плану і бюджету, прогнозувати успішність його завершення.

Найчастіше при виконанні ІТ-проектів виникають такі проблеми [11, 60, 61]:

- змінення цілей у процесі виконання проекту;
- неефективна взаємодія учасників команди;
- неефективна організація контролю й звітності за проектом;
- недостатній контроль якості проекту.

Таким чином, за допомогою існуючих засобів і методів проектного менеджменту приділяють основну увагу вартості, тривалості і якості робіт при контролі виконання ІТ-проекту. Ці показники залежать не тільки від ухвалених управлінських рішень, але й від негативної дії проектних ризиків. Для досягнення основних цілей і результатів при виконанні ІТ-проектів з мінімальними витратами необхідно заздалегідь передбачити можливість настання проектних ризиків і контролювати їхні зміни в ході реалізації проекту.

**Процеси управління ризиками ІТ-проекту.** У загальноприйнятих стандартах IPMA щодо управління проектами, а також в роботах зарубіжних і вітчизняних авторів відзначено, що до основних процесів управління ризиками в проекті належать [2, 11, 31]:

- планування управління ризиками, тобто формування плану виконання операцій і встановлення відповідальності щодо управління проектними ризиками;
- ідентифікація ризиків, тобто виявлення проектних ризиків, визна-

чення причин їхнього виникнення і можливих наслідків;

- якісний аналіз ризиків, тобто розташування ризиків за ступенем їхньої пріоритетності для подальшого аналізу і оцінювання їхнього впливу на проект;

- кількісний аналіз ризиків, тобто оцінювання потенційного впливу ідентифікованих ризиків на досягнення основних цілей проекту;

- планування реагування на ризики, тобто формування плану заходів щодо реагування на істотні проектні ризики;

- моніторинг й управління ризиками, тобто контроль зміни проектних ризиків, ідентифікація нових ризиків, виконання заходів щодо реагування на ризики і оцінювання їхньої ефективності протягом життєвого циклу проекту.

При побудові плану управління ризиками ІТ-проекту як досвід кращих практик розглядають таке [11, 67-69]:

- застосування корпоративної методології, визначення підходів і інструментів для управління проектними ризиками;

- розподіл відповідальності співробітників за виконання операцій з управління проектними ризиками;

- формування бюджету, виділення ресурсів й оцінення вартості необхідних заходів щодо управління проектними ризиками;

- визначення термінів і частоти виконання операцій з управління ризиками протягом життєвого циклу проекту;

- використання і адаптацію до специфіки проекту розробленої раніше класифікації типових ризиків;

- визначення вірогідності виникнення ризиків та їхнього впливу на основні результати проекту.

Одним з ефективних інструментів управління ризиками ІТ-проектів вважають карту ризиків, яка складається з переліку можливих проектних ризиків, що ранжуються за вірогідністю настання несприятливих для ІТ-проекту подій і відповідних втрат [70–72]. В ході виконання ІТ-проекту карту ризиків слід постійно корегувати й доповнювати. Деякі ризики припиняються після завершення певних етапів ІТ-проекту, можуть виникнути нові, заздалегідь непередбачені ризики, вірогідність настання й наслідки виявлених ризиків можуть змінитися надалі. Повторний аналіз негативної дії проектних ризиків необхідно проводити при плануванні кожного нового етапу ІТ-проекту, а також при внесенні змін в його зміст і план управління проектом.

Підприємства можуть значно підвищити ефективність виконання своїх ІТ-проектів, зосередивши зусилля на проектних ризиках, які мають достатньо високий рівень значущості для таких проектів. У методології проектного менеджменту до основних стратегій

реагування на негативну дію проектних ризиків належать [2, 11, 31]:

- ухилення, яке припускає уникнення загрози або послаблення наслідків ризиків для ІТ-проекту;
- передача, що припускає передавання відповідальності за управління ризиком іншій стороні;
- зниження, що припускає проведення попереджувальних заходів щодо зменшення вірогідності настання ризиків або їхніх наслідків;
- прийняття, яке припускає створення різних резервів у випадку настання несприятливих подій.

Як правило, кожний проектний ризик допускає застосування декількох різних способів реагування на несприятливі події ІТ-проекту. Прийняті заходи щодо реагування на проектні ризики мають відповідати значущості негативної дії ризиків, бути своєчасними, економічно ефективними у вирішенні проблеми і узгодженими зі всіма учасниками проекту. Після формування плану реагування на проектні ризики слід оновлювати загальний план управління проектом.

У ході виконання ІТ-проекту рекомендують регулярно проводити аудит ризиків, який полягає в контролі зміни рівня проектних ризиків, вивченні основних причин ризиків, що наступили, оцінюванні ефективності заходів щодо реагування на проектні ризики і процесу управління ризиками ІТ-проекту в цілому. В цьому випадку перед менеджерами проекту виникають проблеми визначення термінів і частоти виконання процесів управління ризиками, виділення ресурсів і оцінювання вартості заходів щодо реагування на найбільш значущі проектні ризики. При побудові карти ризиків ІТ-проекту менеджери вимушені вирішувати проблеми, які пов'язані з визначенням структури проектних ризиків, вірогідності їх виникнення і можливих наслідків, а також з оцінюванням та аналізом негативної дії проектних ризиків щодо досягнення основних цілей і результатів проекту.

#### **1.4. Інформаційні технології управління проектами**

Впровадження системи управління проектами розглядають як один з основних засобів підвищення ефективності проектної діяльності підприємства, яке дозволяє автоматизувати процеси управління виконуваних підприємством проектів. У наш час на ринку України існує велика кількість різних інформаційних технологій в області управління проектами. При виборі програмного забезпечення слід визначити, для вирішення яких задач системи управління проектами необхідно застосовувати конкретні інформаційні технології.

Програмне забезпечення для управління проектами (Project Management Software) – клас комп'ютерних програм, розроблених

спеціально для планування й контролю витрат, термінів та інших компонентів проекту.

У цей час на ринку існують десятки спеціалізованих комп'ютерних програм, що забезпечують підтримку процесів управління проектами.

### **Класифікація програмного забезпечення багатofункціональних систем управління проектами**

Можна запропонувати різні підходи до класифікації програмного забезпечення (ПЗ) управління проектами, а саме:

1. За орієнтацією на різні об'єкти управління:
  - окремі невеликі проекти;
  - окремі крупні проекти;
  - комплекси проектів і програм;
  - проектно-орієнтована організація в цілому.
2. За орієнтацією на різних суб'єктів управління проектами:
  - менеджера окремого проекту;
  - менеджера портфеля проектів (або програм);
  - виконавців (часток проекту);
  - менеджерів функціональних підрозділів, що беруть участь у проекті;
    - вище керівництво компанії, що забезпечує загальний контроль виконання проектів.
3. За основними функціональними областями й процесами управління проектами:
  - часовими параметрами проекту для розроблення, аналізу і управління календарними планами проектів;
  - вартісними параметрами проекту для оцінювання вартості проекту, розроблення, контролю і аналізу використання бюджету проекту;
  - ресурсами проекту для підтримання процесів планування, організації та контролю забезпечення проектів необхідними ресурсами, а також для розподілу доступних ресурсів організації між проектами;
  - комунікаціями проекту для організації взаємодії учасників проектної команди, забезпечення процесів збору, зберігання, розповсюдження (сповіщення учасників) і публікації інформації (документів) за проектом;
  - ризиками проекту для ідентифікації, аналізу та документування ризиків проекту, прогнозування наслідків, планування реагування на

ризика;

– регламентацією процесів управління проектом для організації і зберігання в єдиному форматі нормативно-методологічної інформації щодо процесів реалізації і управління проектом, забезпечення доступу до цієї інформації учасників проекту.

4. За рівнем інтегрованості:

– багатофункціональні модульні системи професійного рівня;  
– багатофункціональні системи настільного рівня;  
– незалежне ПЗ, що забезпечує підтримку окремих функцій або процесів управління проектами;

– ПЗ, що забезпечує підтримку окремих функцій або процесів управління проектами, працює разом з багатофункціональними системами.

### Огляд систем управління проектами

У цьому огляді наведено стислий опис найбільш відомих багатофункціональних систем управління проектами.

**Microsoft Project** – легка, гнучка система календарного планування і управління проектами. Відмітною особливістю Microsoft Project є функціональна простота й широкі можливості щодо організації спільної роботи.

Архітектура й конфігурація пакета. За допомогою засобів групової взаємодії учасники проекту можуть ефективно аналізувати дані проекту і обмінюватися ними, маючи доступ до розкладу проекту в локальній мережі і через Інтернет. Починаючи з версії Microsoft Project 2002, пропонують такі продукти:

– Microsoft Project Standard – надає основні можливості управління проектами: створення і управління завданнями та ресурсами, контроль виконання, звіти, можливості спільної роботи.

Основними користувачами Microsoft Project Standard є менеджери, які використовують можливості управління проектами не повною мірою, а лише частково (на рівні робочої групи). Наприклад, тільки календарне планування й контроль виконання;

– Microsoft Project Professional – надає можливості для управління проектами Microsoft Project Standard, а також засоби для управління загальними ресурсами, інструментами для аналізу сценаріїв та ухвалення рішень. За допомогою Microsoft Project Professional можна управляти проектами, що охоплюють різні відділи організації;

– Microsoft Project Web Access – інструмент, що надає менеджерам й учасникам проекту доступ до інформації про проект без необхідності встановлення версії Project на персональному

комп'ютері.

Основними користувачами є професійні менеджери проектів та портфеля проектів, менеджери ресурсів, особи, що відповідають за ухвалення рішень, члени команд.

– Microsoft Project Server – платформа для встановлення Microsoft Standard і Microsoft Project Professional.

**Artemis Hews.** Компанія Artemis Management Systems (заснована в 1977 р. у Великобританії) була одним із лідерів на ринку послуг і програмного забезпечення в області управління проектами. Проте останніми роками власники компанії кілька разів змінювались. Новий власник продуктів Artemis – фінська компанія Proha Group.

Основний пакет інтегрованих продуктів компанії – система Artemis Views.

Архітектура й конфігурація пакета. Пакет програмних продуктів Artemis Views складається з сімейства взаємозв'язаних модулів, які можна використовувати відособлено, проте пакетне вирішення інтегрованих модулів дозволяє одержати найбільшу функціональність для управління проектами крупних організацій. Всі модулі є такими, що настроюються й функціонують на основі клієнт-серверної архітектури з використанням баз даних стандарту SQL (Oracle, Microsoft SQL Server, Sybase).

Можливість настройки модулів обумовлено підтримкою API (application program interface), що дозволяє інтегрувати продукти між собою, а також з ПЗ сторонніх виробників (Microsoft Excel та ін.) і відкритістю інформації про таблиці розміщення даних в базах SQL.

Сімейство продуктів Views складається з таких модулів: Knowledge Plan, ProjectView, TrackView, CostView, GlobalView, Web View, Web Time Entry і ActiveAlert.

Основними характеристиками пакетного рішення є:

- цілісна структура даних всіх модулів пакета зберігається в базі даних SQL з відомою структурою таблиць. Власні формати зберігання даних не підтримуються;
- доступ багатьох користувачів до даних здійснюється на основі конкурентного доступу;
- повнофункціональний взаємозв'язок модулів дозволяє використовувати загальні формати зберігання даних (об'єкти): списки ресурсів, ієрархічні структури, календарі тощо;
- відсутні обмеження на використовувану кількість робіт, ресурсів, зв'язків тощо;
- інструменти аналізу «що, якщо...»;
- двосторонній інтерфейс даних з Microsoft Project;

- можливість контролю проекту через Інтернет;
- підтримування можливості ієрархічного задання проектів, робіт, ресурсів без обмеження рівнів ієрархії;
- підтримування інтеграції з ERP-системами, такими як: SAP, J.D. Edwards і Baan.

Необхідно відзначити, що продукти Artemis належать до класу дорогих рішень. Вартість інтегрованої системи залежить від потреб замовника, її визначають з урахуванням набору модулів і кількості робочих місць.

**Primavera.** Програмні продукти Primavera призначені для створення автоматизованих систем управління проектами й застосовані у всіх основних сегментах ринку. Так, SureTrak призначено для управління невеликими проектами, а Primavera Project Planner (P3) – великими проектами або групами проектів. Для створення систем управління проектами в масштабах компанії необхідно використовувати клієнт-серверні додатки Primavera Enterprise і Primavera Expedition.

Архітектура й конфігурація пакета. Основний продукт у складі Primavera Enterprise – Primavera Project Planner for the Enterprise (P3e). Він забезпечує планування робіт, складання бюджету проекту, аналіз й координацію ходу робіт, дозволяє управляти як окремим проектом, так і комплексом проектів організації, проводити більш детальний аналіз за вибраними категоріями, статтями витрат і структурою робіт, контролювати терміни й відстежувати одержання фактичних результатів.

Primavera Expedition підтримує функції контролю виконання договірних зобов'язань і звітності в ході реалізації проекту.

Для користувачів, яким потрібні тільки окремі функції primavera Enterprise або Primavera Expedition, призначено Web-додатки, засновані на Internet/Intranet-технології: Primavision, Progress Reporter і Expedition Analyzer.

Функціональна архітектура:

- Primavera Project Planner for the Enterprise – ПЗ, призначене для мультипроектного планування й контролю всіх проектів в організації, включаючи їхнє бюджетування, календарно-сіткове планування, управління ресурсами, аналіз проектів і портфелів проектів за показниками, аналіз «що, якщо...», управління ризиками в проекті.

- Portfolio Analyst – ПЗ для докладнішого аналізу проектів, що дозволяє керівникам підрозділів і аналітикам аналізувати завантаження співробітників, устаткування, оцінювати потребу в матеріалах кожного пакета задач портфеля проектів в цілому,

аналізувати проекти за методикою освоєного об'єму.

- Primavision – Web-додаток, призначений для ініціації проектів керівництвом організації і для збільшеного аналізу даних за окремими проектами і їхніми портфелями.

- Project Website – інструмент для автоматичного створення та підтримання Web-сайту проекту, що містить інформацію за проектом, доступну тільки для читання: календарно-сітьові графіки, дані щодо завантаження ресурсів, показники й повідомлення про хід виконання проекту, посилання на документи та ін.

- Progress Reporter – Web-додаток, призначений для розсилання співробітникам відомостей про майбутні роботи і одержання від них табелів обліку трудовитрат.

- Methodology Manager – додаток для підтримання корпоративної бази знань за виконаними проектами, а також для створення нових проектів на основі прийнятих корпоративних, державних і міжнародних стандартів.

- Primavera Enterprise Software Development Kit (SDK) – додаток для доступу до бізнес-правил Primavera Enterprise, а також для роботи з базою даних без порушення її цілісності.

- Primavera Expedition – ПЗ для контролю виконання договірних зобов'язань у ході реалізації проекту, стандартизації процесу адміністрування проекту, а також автоматизації документообігу за проектом.

Програмна архітектура. ПЗ Primavera Enterprise, Primavera Expedition побудовано за технологіями «Клієнт-сервер» і «Web-клієнт – Web-сервер».

ПЗ Primavera Project Planner побудовано на основі архітектури файла-серверу. При цьому на сервері можуть зберігатися як дані проектів, так і виконувані файли програм. Як засіб для організації зберігання даних проектів використовують Btrieve.

ПЗ SureTrak – робоче місце одного користувача. Для зберігання даних проектів застосовують Btrieve або внутрішній формат даних SureTrak.

**Project Scheduler Suite** компанії **Scitor**. Компанія Scitor Corporation пропонує пакет Project Scheduler Suite Release 2. Пакет побудовано на базі системи календарного планування і контролю Project Scheduler.

Архітектура й конфігурація пакета. Пакет містить такі інтегровані компоненти:

- Project Scheduler – система календарного планування і контролю.



- Project Communicator – інструмент організації віртуального офісу проекту, що забезпечує комунікації членів проектної команди.
- PC-Inform – додаток, що дозволяє організувати введення актуальної інформації про хід виконання робіт через стандартний інтерфейс Web-браузера.
- PC-Objectives – ПЗ для розроблення, управління і відстежування цілей проекту.
- PC-Admin – засіб забезпечення безпеки проектної інформації, розмежування доступу.
- PSI – інструмент інтеграції з системою SAP R/3.

Особливості пакета. Одним з основних достоїнств PS можна вважати наявність двох реалізованих алгоритмів планування – методу критичного шляху й методу критичних ланцюжків (Critical Chain Method). Роботи-буфери обчислюють автоматично. Метод критичних ланцюжків також застосовно до мультипроектного планування з урахуванням пріоритетів проектів/робіт.

Алгоритми вирівнювання ресурсів, підтримувані PS, дозволяють планувати при обмеженні ресурсів як окремі проекти, так і мультипроекти з урахуванням пула ресурсів.

У PS підтримується інструмент кваліфікацій (generic resource) – об'єднання ресурсів, що мають певні властивості. Для виконання роботи може бути призначено не конкретний ресурс, а кваліфікація, на основі якої буде вибрано найбільш відповідного виконавця.

Підтримуються обидва напрями планування проекту з урахуванням ресурсів – прямого (від початку до завершення) та зворотного (від кінця до початку) проходів.

Пріоритети проектів/робіт використовують для автоматичного розподілу ресурсів для виконання найбільш критичних робіт.

При обчисленні вартості ресурсів проекту можна враховувати зростання вартості ресурсів. Урахування інфляції на макрорівні управління проектами дозволить урахувати відхилення від бюджету. Використання фіскальних календарів дозволяє синхронізувати періоди фінансової звітності з прийнятими в організації стандартами. У PS підтримуються можливості використання декількох валют та їхнього автоматичного перерахування за курсом.

Для управління портфелем проектів PS дозволяє вибирати групи проектів, що об'єднуються в портфелі. Подання «Список проектів» дозволяє використовувати фільтри, сортування при перегляді інформації. У портфель можуть бути об'єднані проекти, розташовані в одній директорії, базі даних або на Інтернет-сервері.

Користувач PS може створювати довільну кількість власних

полів різних типів (від гіпертекстових посилань до валют), що настроюються, з використанням формул.

PS створює звіти як для друкування, так і для збереження у форматі HTML, XML, можна використовувати шаблони HTML/XML.

PS містить інструменти для розміщення інформації про проекти на Web-сайті. Автоматично розміщувані і оновлювані зображення, графічна інформація, навігація дозволяють управляти відображуваною інформацією в Інтернет-браузері. На Web-сторінці можуть відображатися також портфелі проектів, інформація про які оновлюється автоматично за допомогою FTP-протоколу.

**Spider Project** – один з найбільш популярних пакетів Російського виробництва. Першу версію пакета управління проектами Spider Project було запропоновано наприкінці 1992 р.

Архітектура й конфігурація пакета. У складі Spider Project є професійна система Spider Project Professional, а також дешевші версії Desktop (варіант професійної системи для одного користувача) і Lite (варіант з обмеженими функціональними можливостями).

При впровадженні пакета використовують таку конфігурацію:

- Spider Project Professional встановлюється в проектному офісі для мультипроектного моделювання і управління, а також в тих підрозділах, в яких ухвалюються рішення щодо управління організацією в цілому (наприклад, там, де планується та здійснюється фінансове управління, постачання);

- Spider Project Desktop застосовується для управління окремими проектами. Не містить інструментів спільної роботи з файлами проектів, можливостей розрахунку розкладу робіт з урахуванням обмежень на постачання матеріалів і фінансування проекту;

- Spider Project Viewer призначається для перегляду проектів, в цій версії не передбачено проведення розрахунків;

- Spider Project Lite – усічена, розрахована на прості проекти версія пакета. Не містить аналізу ризиків, можливостей роботи з мультиресурсами і незалежними командами ресурсів, моделювання змінного завантаження ресурсів.

Особливості пакета. Множинні ієрархічні структури робіт і ресурсів. Існують різні способи й рекомендації щодо побудови ієрархічної структури робіт. У пакеті Spider Project користувачам дається можливість вводити й паралельно використовувати необмежену кількість ієрархічних структур робіт для виконання операцій одного проекту, також не обмежується кількість рівнів ієрархії.

Аналогічно можна створювати й використовувати для досягнення цілей аналізу і агрегації інформації множинні структури

ресурсів. Кількість ієрархічних структур ресурсів і рівнів ієрархії також не обмежується.

**Рішення компанії Welcom на базі Open Plan.** Первинне поширення, починаючи з 1983 р., програмні продукти сімейства Welcom отримали на підприємствах авіакосмічної і оборонної галузі США, але згодом їх почали застосовувати для управління проектами в самих різних галузях.

Особливістю сімейства продуктів Welcom є їхня тісна інтеграція між собою, а також відкрита архітектура та великі можливості щодо обміну даними з іншими додатками. Це дозволяє будувати системи управління проектами на підприємствах з урахуванням інформаційної інфраструктури, що вже склалася.

Архітектура й конфігурація пакета. До продуктів компанії Welcom належать:

- Open Plan – система календарного планування й контролю, призначена для управління реалізацією як окремих проектів, так і складних проектних програм в строк і в рамках бюджету;

- Cobra – система управління бюджетом проектів, що дозволяє планувати й контролювати вартість реалізації проекту, а також проводити аналіз і прогнозувати хід виконання проекту на основі показників освоєного об'єму;

- WelcomHome – Web-орієнтований інструмент для створення віртуального офісу проекту, що забезпечує взаємодію учасників розподіленої команди при спільній роботі над проектом.

У сімейство Welcom входять дві версії ПЗ календарного планування: професійна (Open Plan Professional) і настільна (Open Plan Desktop).

Основною відмінністю Open Plan Professional від настільної версії є наявність функцій мультипроектного планування й контролю, а також спеціалізованих засобів настроювання додаткових полів бази даних проекту, типових процедур роботи з даними («директори управління проектами»), екранів і звітів системи.

Таким чином, Open Plan Desktop орієнтовано, в першу чергу, на менеджерів, що відповідають за окремі проекти (розмір проектів практично не обмежено), а Open Plan Professional є інструментом менеджерів, що відповідають за мультипроектне управління.

Фінансова система управління бюджетом проекту Cobra може бути використана без зв'язку з системою календарного планування й контролю, проте для інтеграції в систему управління проектами в комплекті постачання є спеціальний модуль інтеграції, який дозволяє безпосередньо отримувати дані з Open Plan, а також Primavera Project Planner і Microsoft Project. Віртуальний офіс проекту на базі

WelcomHome.

Програмний пакет WelcomHome забезпечує підтримку взаємодії учасників команди проекту. WelcomHome – це засіб групової роботи, оснований на Web-технологіях і призначений для ведення проектів з використанням єдиного Web-інтерфейсу доступу до всієї інформації за проектом.

WelcomHome забезпечує членам команди централізовану взаємодію, доступ до проектної інформації й дозволяє учасникам проекту відстежувати хід його реалізації в режимі реального часу незалежно від місцеположення через Internet.

Таким чином, у розділі проведено аналіз змісту задач управління проектом. Визначено основні складові проекту, його життєвий цикл і учасників. Основну увагу приділено IT-проектам, які мають свої особливості, пов'язані з високотехнологічною схемою управління при плануванні й управлінні виконанням таких проектів.

Виділено проекти основних фаз життєвого циклу ІСУ: створення ІУС, модернізація (реінжиніринг) ІУС. Велику увагу приділено організаційним структурам і системам управління проектами. Наведено ієрархічну структуру організаційних систем управління IT-проектами, задачі учасників проекту, а також різні типи структур організаційних систем управління. Проаналізовано існуючі стандарти процесів управління IT-проектами.

### **Контрольні запитання**

1. Що таке проект?
2. Які основні характеристики проекту?
3. Яка існує класифікація проектів ?
4. У чому полягає відмінність IT-проекту від проектів іншого типу?
5. Хто належить до основних учасників проекту?
6. Що називають організаційною структурою управління проектом?
7. Які існують особливості реалізації IT-проекту?
8. Навіщо необхідно здійснювати контроль виконання проекту?
9. Якими складовими IT-проекту необхідно управляти?
10. Які існують особливості управління IT-проектом?
11. Які існують стандарти щодо управління проектами?

### **Завдання**

1. Визначіть і перелічіть типові структури управління проектами.
2. Сформулюйте відмінність лінійних структур управління проектами від матричних.

3. Обґрунтуйте вибір типу організаційної структури для виконання заданого ІТ-проекту (технічне завдання).

4. Перелічіть основні стандарти управління проектами. Докладно проаналізуйте стандарт РМВОК.

5. Перелічіть процеси, пов'язані з управлінням ІТ-проектом.

6. Для кожної окремої складової ІТ-проекту визначіть характеристики процесу управління згідно з РМВОК.

7. Докладно розкрийте зміст завдань і вихідних характеристик сітьового методу PERT.

8. Наведіть аналітичні розрахункові залежності для оцінювання ефективності виконання ІТ-проекту (відхилення за вартістю, термінами тощо).

9. Дайте стислий опис задач управління проектами, що можна вирішити за допомогою Microsoft Project.

## **Розділ 2. АНАЛІЗ ОСНОВНИХ ПІДХОДІВ І МЕТОДІВ УПРАВЛІННЯ ІТ-ПРОЕКТАМИ**

У розділі проаналізовано підходи й методи управління ІТ-проектом. Наведено поняття життєвого циклу і управління життєвим циклом ІТ-проекту. Описано основні типи моделей виконання ІТ-проекту. Стисло наведено існуючі методології управління ІТ-проектами, а також виконано огляд існуючих методів формального опису завдань їхнього управління.

### **2.1. Методи управління життєвим циклом ІТ-проекту**

Стандартами ISO/IEC 12207 визначено класифікацію і архітектуру процесів життєвого циклу ПЗ і задачі щодо управління проектами зі створення ІУС.

Класифікацією передбачено такі типи процесів:

1. Основні процеси життєвого циклу (замовлення, постачання, розроблення, експлуатація та супровід).

2. Процеси піддержання життєвого циклу ПЗ (документування, конфігураційне управління, забезпечення якості, верифікація, валідація, сумісні перегляди (огляди), аудит, вирішення проблем).

3. Організаційні процеси життєвого циклу ПЗ (управління, створення й супровід інфраструктури, удосконалення, навчання).

Великі складні проекти ПЗ можуть потребувати розширення використовуваних стандартів. Може бути потрібним докладніший розгляд процедурних питань й аспектів життєвого циклу таких проектів в умовах вимог, що змінюються, або паралельної роботи

декількох підрядчиків при створенні ІУС.

Стандарти не потребують застосовувати який-небудь особливий метод або засіб розроблення ПЗ. Вони містять обов'язкові правила, загальні директиви щодо управління проектами зі створенню ІУС і дозволяють вибирати найкращий спосіб реалізації кожного проекту.

### **Фази, процеси і звітні етапи**

Життєвий цикл ІУС і ПЗ починається з моменту його задуму, містить всі процеси розроблення, експлуатації і супроводу й закінчується, коли ПЗ вже не придатне для експлуатації.

Продукти проекту розроблення ІУС необхідно своєчасно випускати й вони мають відповідати своєму призначенню. Процеси життєвого циклу слід систематично планувати й виконувати. За допомогою моделі життєвого циклу процеси проектування поділяють на фази і визначають, які процеси в якій фазі відбуваються.

Всі проекти ІУС повинні мати варіант життєвого циклу, що містить такі основні фази [73]:

- UR-фаза: визначення вимог замовника/користувача (UR-phase);
- SR-фаза: встановлення вимог до ПЗ (SR-phase);
- AD-фаза: архітектурне проектування (AD-phase);
- DD-фаза: детальне проектування й виробництво код-програми (DD-phase);
- TR-фаза: передавання ПЗ в експлуатацію (TR-phase);
- OM-фаза: експлуатація й супровід (OM-phase).

Розглянемо основні типи моделей, які дозволяють вирішити більшість практичних задач при управлінні розробленням великих програмних проектів і проектів зі створення ІУС.

*Тип «каскад»* є найпростішим. Фази виконуються послідовно, кожна фаза – один раз, хоча дозволено повторювати частини фази для виправлення помилки.

*Тип «ітерація»* характеризується розділенням фаз DD, TR і OM на ряд більш керованих блоків при одноразово визначеному архітектурному проекті. Здавання системи відбувається багато разів, кожний наступний раз із нарощуванням її потужності і можливостей.

Цей тип є вигідним для управління великими проектами, де одноразове постачання системи неможливе. Недоліком типу «ітерація» є те, що слід застосовувати поворотне тестування для підтвердження того, що існуючі можливості ПЗ не порушуються в будь-якому новому випуску. Збільшення кількості необхідних перевірок призводить до підвищення вартості ПЗ.

*Тип «модернізація»* характеризується плановим здійсненням

багатократних випусків ПЗ. Для здійснення випуску системи необхідно виконати всі фази життєвого циклу. Кожний випуск містить досвід попередніх випусків системи. Недоліком типу «модернізація» є те, що у випадку неповноти вимог до системи на початку її створення первинна структура ПЗ може не винести тягара подальших модернізацій. Найгірше те, що тимчасові рішення можуть «вросли» в систему і заважати її розвитку. При розробленні типу «модернізація» необов'язково реалізовувати всі вимоги до системи в кожному циклі її створення. Проте на рівні архітектурного проектування слід враховувати всі відомі вимоги.

Серед методологій управління проектами зі створення ІУС однією з найбільш розвинених є SSADM (методологія структурного аналізу й проектування систем) [74], роботи зі створення якої було розпочато ще в середині 70-х років минулого століття. Координація й фінансування цих робіт здійснювалися Британським державним агентством з інформатики і обчислювальної техніки – CSTA (Communication and Computer Agency). У 80-х роках SSADM було значно вдосконалено й доведено до рівня індустріальної технології, а в 1990 р. було офіційно прийнято її четверту версію, що стала в 1993 р. загальнонаціональним стандартом Великобританії.

SSADM є яскравим прикладом реального втілення принципу управління проектом "згори-вниз" в технології створення складних ІУС, що поєднує в собі простоту застосування, точність визначення результатів проектування, узгодженість з сучасними стандартами і методологією управління проектними роботами (PRIN.CE), гнучкість у застосуванні до проектування широкого класу систем для різних типів об'єктів, гарантії якості результатів проектування та спадкоємність різних версій проектів. Каркас SSADM описується структурною моделлю, основними елементами якої залежно від рівня ієрархії є модуль, стадія, етап або завдання. Це робить технологію проектування чіткою і зрозумілою, такою, яку легко автоматизувати, а також за допомогою якої можна створити передумови для прив'язки методів проектування до конкретних елементів структури через так звані "описи дій". Методичне забезпечення останньої версії SSADM складається з набору методів системного структурного аналізу і проектування, що об'єднуються в єдине ціле описаною вище структурною моделлю.

Творці технології SSADM враховували такі основоположні принципи, що задовольняють вимогам сучасної інформаційної інженерії:

– постійне залучення представників майбутніх користувачів до процесу вироблення рішень протягом усього проектування ІУС;

- чітка структуризація технологічного процесу, взаємна погодженість всіх стадій, етапів і проектних процедур, явна регламентація ролей всіх учасників розроблення;
- ефективний контроль за ходом розроблення з боку керівників проекту, вбудований контроль якості проектування за формалізованими критеріями, можливість застосування існуючих технологій автоматизованого управління розробленням;
- інтеграція з технологіями, реалізованими в існуючих системах програмування і управління базами даних;
- формалізація процесу розроблення, що забезпечує широке застосування засобів автоматизації проектування. Для полегшення автоматизації проектування автори-технологи SSADM достатньо чітко розмежували види діяльності в процесі створення ІУС на дві групи: ті, що досить легко формалізуються, й ті, що не формалізуються.

Основним продуктом, що створюють за технологією SSADM, є комплект документів, на основі яких може бути реалізовано ІУС, яку розробляють. Послідовність виконання технологічних стадій і етапів, склад проектних документів, що формуються на них, і застосовані методики проектування ретельно продумані й чітко регламентовані, що значно спрощує управління проектом і сприяє забезпеченню необхідної якості виконуваних робіт.

Перше знайомство з переліком проектної документації, яку розробляють відповідно до технології SSADM (понад 50 форм документів), може засмутити своєю громіздкістю навіть досвідченого фахівця. Проте спроби відмовитися від будь-якого документа з метою економії часу й трудовитрат призводить згодом до порушення технологічного процесу і не дозволяє досягти такої високої якості проектування, яку може забезпечити ця технологія при її строгому дотриманні. Як визнають автори четвертої версії SSADM, без застосування засобів автоматизації проектування її можна реалізувати при розробленні лише невеликих навчальних проектів. Тому наявність хоч би простих CASE (Computer Aided Software Engineering) – засобів у розпорядженні користувачів цієї технології – є необхідною умовою. Проте створення таких засобів є самостійним завданням і не входить в технологію SSADM.

Таким чином, основна мета стандартизації й розроблення інформаційної технології управління проектами зі створення складних ІУС полягає у формуванні методології і інструментарію, що дозволяють підвищити ефективність процесів проектування, формалізації і уніфікації як проектних процедур, так і використовуваного при цьому інструментарію, жорсткої регламентації послідовності етапів і їхнього документування, вбудованої системи



контролю якості і управління розробленням.

Дотримання цих умов забезпечує:

- відтворюваність результатів (можливість повторної реалізації проекту іншими колективами розробників);
- підвищення якості проектування, скорочення його термінів і витрат на нього;
- можливість контролю і управління;
- зниження вимог до рівня кваліфікації розробників;
- можливості автоматизації процесу проектування (використання CASE-технології).

## **2.2. Методи формального опису завдань управління ІТ-проектом**

Для дослідження характеристик процесу функціонування складних систем управління ІТ-проектами проводять формалізацію цього процесу, тобто будують математичну модель і вибирають метод її дослідження. Використання математичної моделі управління ІТ-проектами дозволяє отримувати характеристики та показники реального ІТ-проекту.

Вид математичної моделі і вибір математичного методу залежать як від специфіки ІТ-проекту, так і від завдань управління, необхідної достовірності й точності вирішення задачі дослідження. Будь-яка математична модель може описати реальний ІТ-проект з деякою мірою наближення. Методам аналітичного моделювання притаманне те, що процеси функціонування учасників проекту записують у вигляді деяких аналітичних залежностей або логічних умов.

Розглянемо основні методи, які використовують для формалізації і моделювання ІТ-проектів. Ці методи і їхню стислу характеристику наведено в табл. 2.1.

*Методи моделювання великих систем.* В основі моделювання лежить теорія подібності. Дослідники прагнуть, щоб модель досить добре відображала досліджувану сторону управління ІТ-проектом. Залежно від особливостей процесів управління моделювання поділяють на детерміноване і стохастичне, статичне й динамічне, дискретне, безперервне і дискретно-безперервне. Детерміноване моделювання відображає процеси управління, в яких передбачено відсутність випадкових дій. За допомогою стохастичного моделювання враховують імовірнісні процеси і події в управлінні ІТ-проектами. Статичне застосовують для опису досліджуваного ІТ-проекту у фіксований момент часу, а динамічне – для дослідження виконання ІТ-проекту в часі. Дискретне, неперервне й дискретно-

неперервне моделювання використовують для опису ІТ-проектів, що мають зміни в процесі виконання. При цьому оперують аналітичними й комп'ютерними моделями [75].

Таблиця 2.1

### Методи формалізації і моделювання об'єкта управління

Метод	Базова функція
Теорія множин [76]	Проект можна подати як множину елементів, що мають деяку загальну властивість. Множина $X$ – це безліч його елементів, де $i = \overline{1, n} : X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ . Множини бувають скінченними й нескінченними. Існує ряд операцій над множинами, множини можуть по-різному співвідноситися. Теоретико-множинне подання процесів і систем дозволяє описувати проекти в математичному вигляді і є основою для побудови структур моделей будь-яких систем
Теорія графів [77, 78]	Апарат теорії графів дозволяє отримати достатньо прості і ефективні алгоритми розв'язання й дослідження багатьох задач, де необхідне наочне уявлення і ефективне дослідження моделей структур великих і складних систем, завдяки простоті здійснення операції декомпозиції складних структур на простіші. Граф можна подати як $r = \langle A, R \rangle$ , де $A$ – множина, на якій задається відношення, а $R \subseteq A^2$ є графом відношення. З кожною дугою графа зіставляють деяке дійсне число, тобто задають відображення $r$ на дійсну вісь $R_1$ або функцію $f : r \rightarrow R_1$ . Теорію графів застосовують для дослідження задач аналізу й синтезу мережі.
Сітьовий [79, 80]	Сітьові методи і моделі основані на побудові систем за допомогою графів. Припустимо, що необхідно виконати комплекс взаємозв'язаних операцій $B = \{b_1, b_2, \dots, b_m\}$ , спрямованих на досягнення кінцевої мети. Для опису сітьової моделі вводять поняття події, яка є впорядкованою парою $\langle a_i, a_k \rangle$ , де $a_i$ – подія, за якою безпосередньо впливає дана операція; $a_k$ – подія, якій ця операція безпосередньо передує. За допомогою сітьових моделей найчастіше описують проекти й програми. Сітьові методи – це комплекс методів аналізу мереж, що дозволяють визначати такі характеристики, як довжина і величина критичного шляху, час настання подій, резервний час, пізні й ранні моменти настання подій тощо. Існує декілька класів мереж, що розрізняють за їхніми можливостями (мережі Петрі тощо)
Теорія автоматів (математичний апарат РСА) [81–85]	Теорію скінченних автоматів застосовують для опису кібернетичних динамічних систем. Основна базисна множина математичних структур даного роду може бути подана у вигляді $X = \{x\}$ – множини станів; $Q = \{q\}$ – множини

Продовження табл. 2.1

Метод	Базова функція
	<p>вхідних елементів; <math>Y = \{y\}</math> – множини вихідних елементів. Як допоміжну базисну множину вводять множину моментів часу, за допомогою якої вивчають «рух» системи. Функціонування систем зазвичай розглядають в дискретні моменти часу, звані тактами. Існують поняття скінченних автоматів першого і другого роду, автоматів з випадковим входом і ймовірнісних автоматів тощо. Теорію автоматів широко використовують для моделювання складних систем. Найбільш поширене завдання – розпізнавання вхідних послідовностей. Для проведення еквівалентних перетворень алгоритмів було запропоновано алгебру алгоритмів, що дозволило виконувати еквівалентні перетворення. Цей апарат алгебри, призначений для вирішення задач, пов'язаних з автоматизацією проектування, було запропоновано В.М. Глушковым у вигляді мікропрограмної алгебри. За допомогою цієї системи з'явилася можливість проводити еквівалентні перетворення великого класу алгоритмів, які змінюють лише форму подання, а послідовність виконання операторів залишається незмінною, а також глибші перетворення, що змінюють форму запису алгоритмів, послідовність виконання операторів в них. Математичний апарат РСА було поширено для проектування систем різного рівня й призначення. Проте, якщо алгоритм складний, ієрархічний, має безліч паралельних і ітераційних ділянок, наочність подання погіршується</p>
Марківські ланцюги [86]	<p>Дозволяють описати випадкові процеси, в яких відсутні післядії, тобто майбутні стани залежать від минулих станів через відоме значення справжнього стану <math>x'(t)</math>. У зв'язку з цим основним співвідношенням марківських процесів є перехідна функція, що визначає ймовірнісні характеристики випадкового процесу в довільній точці, при відомому значенні реалізації випадкового процесу <math>x'</math> у точці <math>t'</math>. Марківські процеси мають велике значення при вивченні стохастичної поведінки динамічних систем різних типів</p>
Теорія масового обслуговування [87-89]	<p>За допомогою теорії масового обслуговування (ТМО) досліджують стохастичні складні системи і аналізують ефективність їхнього функціонування. Завдання ТМО можна подати таким чином: є деякий обслуговуючий пристрій, в який надходить потік заявок на обслуговування (вхідний потік). Одна частина заявок обслуговується, а інша може чекати обслуговування в черзі. Потік, що виходить, складається із заявок, які обслужили і не обслужили. Предметом ТМО є кількісна оцінка процесів, пов'язаних з масовим обслуговуванням. До недоліків аналітичних моделей мереж масового обслуговування належать:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– наявність великої кількості обмежень і допущень</li> </ul>

Продовження табл. 2.1

Метод	Базова функція
	<p>(необмежена довжина черг, проста дисципліна обслуговування, неврахування порядку виконання операцій та ін.);</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– неврахування тупикової ситуації (блокування);</li> <li>– нерозглядання стратегії управління в системі;</li> <li>– відсутність аналітичних рішень складних моделей</li> </ul>
Теорія нечіткої логіки [90]	<p>Застосовують для аналізу систем, результати роботи яких не можна описати скінченим числом, тобто або функція належності елемента множині не є бінарною (приймає будь-яке значення в діапазоні 0..1), або може бути подана у вигляді терм-множини лінгвістичних характеристик <math>L=\{\text{погано, задовільно, добре, відмінно}\}</math>. Нечітку логіку застосовують при аналізі нових ринків, виборі оптимальної цінової стратегії та ін. Застосування традиційної нечіткої логіки в сучасних системах обмежено такими чинниками: складна система управління має більшу кількість входів, а додавання вхідних змінних збільшує складність, що призводить до важкого її сприйняття</p>
Експертні оцінки [91– 93]	<p>Суть методу експертних оцінок (ЕО) полягає в опитуванні експертів і обробленні їхніх думок щодо вирішуваної проблеми. Метод ЕО раціонально поєднує процес інтуїтивно-логічного аналізу проблеми з кількісними і якісними методами оброблення для одержання результату прийняття рішення, а також для управління самим процесом. Методи ЕО застосовують через відсутність інформації за тими або іншими показниками аналогічних об'єктів або через відсутність аналогів проєктованого об'єкта. Методичний апарат проведення науково-технічної експертизи незалежно від об'єкта експертизи має забезпечувати виконання таких основних етапів експертного оцінювання: вибір експертів; організація експертних опитувань; перевірка узгодженості оцінок експертів; оброблення, оформлення й подання експертного оцінювання для ухвалення рішень</p>
Теорія математичної статистики [126,127]	<p>Статистичні методи застосовують для оцінювання й прогнозування різних показників проєктованих об'єктів за наявності інформації про ті ж показники аналогічних об'єктів. Ці методи достатньо пророблено, існують готові методики аналізу даних і можуть бути використані для прогнозування фінансових потоків за проєктом, оцінювання вірогідності ризиків настання несприятливих подій, а також при аналізі стану зовнішнього середовища</p>
Теорія агрегатів [94, 95]	<p>Теорія агрегатів дозволяє будувати імітаційні моделі широкого класу систем за загальною схемою. Агрегативний підхід дослідження оснований на таких положеннях:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– система функціонує в часі <math>T</math>, взаємодіючи із зовнішнім середовищем;</li> <li>– кожний момент часу може знаходитися в одному з</li> </ul>

Метод	Базова функція
	<p>можливих станів: <math>z_i \in Z_i, i = \overline{1, k}</math>, де <math>Z_i</math> – задані множини;</p> <p>– на вхід системи можуть надходити вхідні сигнали <math>x_i \in X_i, i = \overline{1, m}</math>, де <math>X_i</math> – задані множини;</p> <p>– система здатна видавати вихідні сигнали: <math>y_i \in Y_i, i = \overline{1, n}</math>, де <math>Y_i</math> – задані множини;</p> <p>– стан системи в даний момент часу визначається попередніми станами і вхідними сигналами, що надійшли в даний момент часу і раніше;</p> <p>– вихідний сигнал характеризується станом системи в даний момент часу і вхідними сигналами, що належать до даного й попередніх станів.</p> <p>Для визначення поведінки системи необхідно задати оператори переходів <math>H</math> і виходів <math>G</math>.</p> <p>Таким чином, для створення агрегативної моделі функціонування складної системи необхідно розробити агрегативні моделі елементів і побудувати модель сполучення агрегатів. Тому застосування агрегативних моделей функціонування складних систем виявляється ускладненим при вирішенні практичних задач</p>

При **імітаційному моделюванні** ІТ-проекту алгоритм, що реалізує модель, відтворює процес виконання ІТ-проекту в часі, причому імітуються елементарні події, складові процесу управління ІТ-проектом, зі збереженням логічної структури його виконання й послідовності робіт, що протікають у часі. Це дозволяє за початковими даними отримати відомості про стан ІТ-проекту в задані моменти часу, а також оцінити основні характеристики ІТ-проекту.

Методи імітаційного моделювання є одним з ефективних засобів аналізу ІТ-проектів. Основною перевагою імітаційного моделювання порівняно з аналітичним є можливість вирішення складних задач управління ІТ-проектами. Імітаційні моделі дозволяють досить просто враховувати такі чинники, як наявність дискретних і безперервних елементів, нелінійні характеристики елементів ІТ-проекту, численні випадкові дії на ІТ-проект (ризики), які часто створюють труднощі при його виконанні.

Методи імітаційного моделювання розрізняють за способами формального опису ІТ-проекту, алгоритмом функціонування, а також програмним середовищем моделювання. Ці методи детально описані у роботах [94, 96, 97, 99–104].

В імітаційному моделюванні набули поширення методи статистичного моделювання й статистичних випробувань (Монте-Карло). Якщо результати, отримані при відтворенні на імітаційній

моделі, є реалізаціями випадкових величин і функцій, тоді для знаходження характеристик досліджуваного ІТ-проекту потрібне його багатократне відтворення з подальшим обробленням інформації. Тому часто використовують метод статистичного моделювання.

**Комбіноване моделювання** ІТ-проекту (аналітико-імітаційне) дозволяє об'єднати переваги аналітичного і імітаційного моделювання. При побудові комбінованих моделей виконання ІТ-проекту проводять попередню декомпозицію процесу управління цим проектом на складові підпроцеси й для тих з них, де це можливо, використовують аналітичні моделі, а для решти підпроцесів будують імітаційні моделі. Такий підхід дозволяє охопити якісно нові класи систем, які не можуть бути використані в задачах дослідження складних ІТ-проектів із зостосуванням тільки аналітичного або імітаційного моделювання окремо.

**Структурно-системне моделювання** базується на деяких специфічних особливостях структур ІТ-проекту з використанням їх як засобу дослідження складних систем або з розробленням на їх основі систем (теоретико-множинних, лінгвістичних тощо), які є специфічними підходами до моделювання.

Структурно-системне моделювання містить методи сітьового моделювання, поєднання методів структуризації з лінгвістичними, структурний підхід щодо формалізації побудови й дослідження структур ІТ-проекту різного типу (ієрархічних, матричних, довільних графів) на основі теоретико-множинних уявлень і поняття номінальної шкали теорії вимірювань.

За останні декілька років було розроблено цілий ряд програмних інструментів, призначених для моделювання бізнес-процесів ІТ-проекту. Програмні інструменти імітаційного моделювання бізнес-процесів можна розбити на три категорії:

1. Інструментарій імітаційного моделювання, оснований на потокових діаграмах, допомагає описувати виконання ІТ-проекту й визначати послідовність робіт. Побудовані моделі не залежать від методології й найбільш прості у вивченні. На жаль, наслідком легкості використання є обмеженість можливостей моделювання і аналізу. Прикладами інструментарію імітаційного моделювання є Process Charter і Optima [105].

2. Інструментарій динамічного моделювання. Це програмні продукти моделювання, які дозволяють відображати динаміку системи. Моделі, створені подібними продуктами, складаються з таких специфічних для вибраної методології логічних структур, як рівні, стеки, потоки, перетворювачі й з'єднувачі, приклади, Lthink і PowerSim [105].

3. Інструментарій дискретно-подійного імітаційного моделювання. Найбільш розвиненим і могутнім інструментарієм імітаційного моделювання бізнес-процесів є програмні продукти дискретно-подійного моделювання. Ці інструменти підтримують моделювання потоку об'єктів (продуктів) і надають можливості анімації, що дозволяє користувачеві спостерігати рух в системі поточкових об'єктів. Деякі з подібних технологій забезпечують навіть можливості об'єктно-орієнтованого моделювання, що спрощує розроблення великих моделей бізнес-процесів, наприклад, ServiceModel і SIMPROCESS, SysMod [106].

*Методи підтримання прийняття рішень.* Системи підтримання прийняття рішень призначені для вирішення задач класифікації великої кількості варіантів (альтернатив) організації ІТ-проекту або вибору з них якнайкращих варіантів на основі інформації, що одержують від особи, що ухвалює рішення.

Д.А. Поспєлов – засновник методів підтримання прийняття рішень. Ідеї логіко-лінгвістичного управління Д.А. Поспєлова [107], що розвивають ідеї ситуаційного управління, вперше дозволили створювати моделі, що описують знання фахівців в складних недетермінованих наукових областях з нечіткою логікою і розмитими визначеннями.

Фактично ситуаційне управління було першим випадком практичного використання логіко-лінгвістичних моделей в управлінні. Моделі в RX-кодах, використані в цих завданнях, були «семантичними мережами», оскільки відображали об'єкти {X} і відношення між ними {R}.

Методи теорії прийняття рішень наведено в роботах [108–110], евристичні методи – в роботах [111–113]. Методи й моделі знань і штучного інтелекту описано в роботах [98, 114].

Таким чином, у розділі розглянуто методи та засоби формалізації й управління процесом розроблення ІТ-проектів. Як приклад технологічного інструментарію управління проектом описано технологію SSADM.

Проаналізовано методи формального опису завдань управління ІТ-проектами, які поділяють на аналітичні, програмні й імітаційні. Складено порівняльну таблицю методів дослідження й моделей опису ІТ-проектів.

### **Контрольні запитання**

1. Що таке життєвий цикл ІТ-проекту?
2. З яких фаз складається життєвий цикл ІТ-проекту?

3. Які існують типи схем управління розробленням ІТ-проектів?
4. Як виконуються етапи у каскадному типі ІТ-проекту?
5. Які принципи покладено в технологічні платформи управління ІТ-проектами? Як приклад розгляньте технологію SSADM.
6. Для чого потрібен формальний опис завдань управління ІТ-проектом?
7. Яка існує класифікація методів формального опису процесів управління ІТ-проектами?
8. Які переваги мають імітаційні моделі для опису процесів управління?
9. Що таке комбіноване моделювання ІТ-проекту?

### **Завдання**

1. Перелічіть основні фази, процеси, етапи життєвого циклу ІТ-проекту.
2. На прикладі заданого викладачем технічного завдання ІТ-проекту визначіть основні фази його виконання.
3. Укажіть основні принципи управління розробленням ІТ-проекту, використовуючи технологію SSADM.
4. Перелічіть основні методи опису процесів управління ІТ-проектом. Як приклад опишіть управління за допомогою теорії масового обслуговування.
5. Опишіть структуру організаційної системи управління ІТ-проектом, характеристики якого задані викладачем, за допомогою теорії графів.
6. Проаналізуйте процес управління ІТ-проектом за допомогою потокового обслуговування, використовуючи основні подання методів теорії масового обслуговування та розрахункові формули основних характеристик (описи вхідного потоку заявок, потоку обслуговування, вихідного потоку, а також розрахунок середньої довжини черги тощо).
7. Сформулюйте основні складові імітаційної моделі для дослідження динамічних процесів управління ІТ-проектами.
8. Побудуйте структуру імітаційної моделі та визначіть її основні складові (генератор заявок, модуль подій тощо).
9. Розбийте виконання ІТ-проекту, заданого викладачем, на основні фази проектування (UR-, SR-, AD- фази тощо).



## **Розділ 3. КОМУНІКАЦІЙНІ ПРОЦЕСИ В ОРГАНІЗАЦІЙНИХ СТРУКТУРАХ УПРАВЛІННЯ ІТ-ПРОЕКТАМИ**

Розділ присвячено аналізу комунікаційних процесів в організаційних системах управління складними проектами. Показано важливість комунікаційних процесів, їх взаємозв'язок з учасниками ІТ-проектів і роль при виконанні цих проектів. Особливу увагу приділено комунікаційним процесам, найбільш характерним для ІТ-проектів, розглянуто їх зміст і вплив на управління проектами і їхню реалізацію.

### **3.1. Управління комунікаціями в ІТ-проекті**

В управлінні організацією або організаціями завжди необхідно враховувати синергетичний ефект від взаємодії підрозділів, що беруть участь у розробленні окремих підсистем ІУС [115].

Синергія, синергетичний ефект (від греч. *synergos* — що разом діє) – зростання ефективності діяльності в результаті поєднання, інтеграції, злиття окремих частин в єдину систему за рахунок так званого системного ефекту, емерджентності [116]. Крім позитивного синергетичного ефекту можлива також і негативна синергія, коли ефект від об'єднання частин в єдину систему може мати негативне значення.

Інноваційну складову такого ефекту, основу на скороченні періоду розроблення нових ІТ-проектів і в цілому виробничого циклу, використанні ідей співробітників і підвищенні інноваційної активності, створюють в проектній команді. Саме тут унаслідок комунікаційних процесів відбувається самоорганізація командної діяльності, коли спільні зусилля членів команди для досягнення бажаного результату набагато вищі, ніж зусилля окремо взятого виконавця. Синергетичний ефект не виникає сам по собі, необхідна наявність додаткових умов, а саме:

- командних цінностей;
- навиків міжособового спілкування;
- внутрішньої взаємозалежності;
- узгодженості й співпраці, організаційної культури;
- мотивації командної діяльності.

У роботі [117] показано, що організація ефективних комунікацій в команді є невід'ємною умовою успішності будь-якого ІТ-проекту. Для виконання конкретного нетрудомісткого завдання краще використовувати мінімально можливу кількість людей. Неоднорідність учасників команди є необхідною, оскільки чим більшою різноманітністю знань володіє команда, тим потенційно вище її

ефективність. У загальному випадку потенціал команди розкриється, якщо в ній будуть присутні люди із знаннями трьох «типів»: технічними навичками, вмінням вирішувати проблеми і ухвалювати рішення, а також співробітники з добре розвиненими навичками міжособистісного спілкування.

Комунікація (communication) – це зв'язок між комунікантом (відправником, передавачем, адресантом) і реципієнтом (одержувачем, приймачем, адресатом), при якому здійснюється передача деякого об'єкта (комунікату) по реальному або уявному каналу (званому каналом комунікації).

Комунікація (у діяльній підході) – це спільна діяльність учасників комунікації (комунікаторів), у процесі якої виробляється загальний (до певної межі) погляд на речі і дії з ними.

Управління комунікаціями в ІТ-проекті містить процеси, необхідні для забезпечення своєчасного й коректного формування, збирання, розподілу і зберігання інформації за ІТ-проектом (рис. 3.1). Вимоги до комунікацій виходять з такого:

- організаційної структури й розподілу відповідальності серед учасників;
- планованої структури робіт, що визначає внутрішні й зовнішні інформаційні потреби.

Управління комунікаціями в ІТ-проекті містить п'ять стадій [118]:

1. Створення на ранніх фазах ІТ-проекту концепції управління комунікаціями. Ця концепція має регулярно переглядатися в процесі здійснення ІТ-проекту і коректуватися в міру необхідності з урахуванням змін в цьому проекті. На цій стадії визначають цілі й задачі управління комунікаціями в ІТ-проекті, встановлюють інформаційні потреби учасників ІТ-проекту, вибирають комунікаційні технології й інструментарій, використовувані для передавання інформації між суб'єктами ІТ-проекту.

2. Планування комунікацій – це визначення інформаційних і комунікаційних потреб учасників ІТ-проекту. Проводиться на ранніх етапах планування ІТ-проекту, але має переглядатися регулярно. На цій стадії розробляється інформаційно-технічна модель (логіко-інформаційна схема), що дозволяє відобразити комунікаційні зв'язки між учасниками ІТ-проекту і їхні інформаційні потреби. Даний блок містить такі питання:

- розроблення структури мережі інформаційних потоків у ІТ-проекті;
- визначення інформаційних потреб учасників проекту;
- вибір й обґрунтування методів і засобів роботи з інформацією;

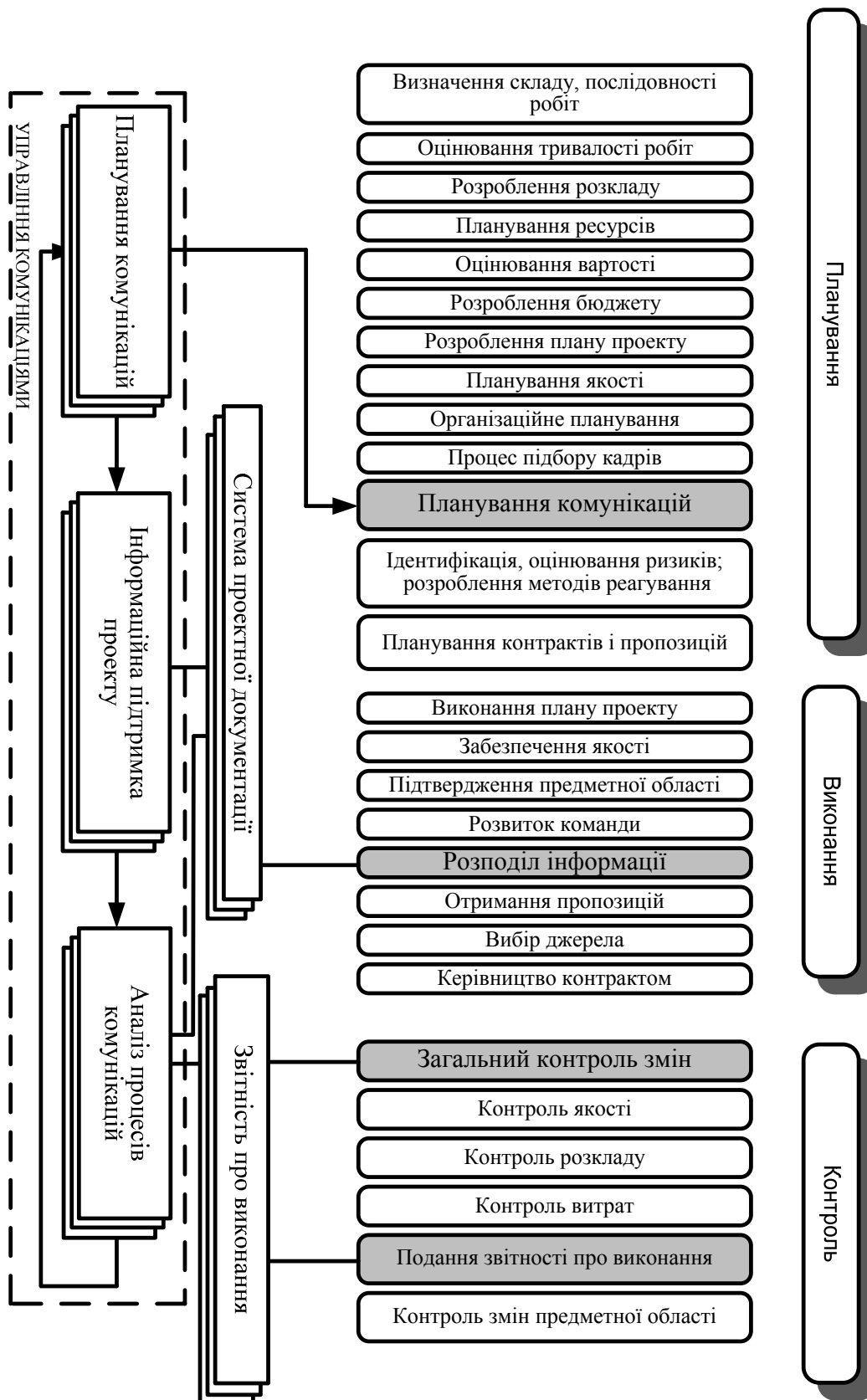


Рис. 3.1. Процеси комунікацій в загальній ієрархії процесів управління ІТ-проектами відповідно до PMBOK

- визначення технічного й програмного забезпечення;
- організація розподілу інформації в ІТ-проекті;
- розроблення системи звітності про виконання робіт;
- розподіл відповідальності за підготовку необхідної документації;
- розроблення регламенту обміну інформацією;
- формалізація процедур збирання, передавання, зберігання й відображення інформації;
- розроблення плану управління комунікаціями;
- розподіл інформації, коли розробляється система її поширення.

Проектна інформація може бути поширена з використанням різних способів, включаючи зустрічі, розподіл документів, загальний розподілений доступ до електронних баз даних, електронну пошту, усну інформацію, відеоконференції тощо.

3. Аналіз комунікацій при виконанні ІТ-проекту. Аналіз комунікацій здійснюється на основі системи документації ІТ-проекту (записки, кореспонденція, звіти й документи, що описують проект) і системи звітності про стан комунікацій в ІТ-проекті (звіти про поточний стан і прогрес, прогнозування) та містить:

- аналіз збоїв і порушень при забезпеченні учасників ІТ-проекту необхідною інформацією;
- аналіз запитів на внесення змін;
- дослідження роботи системи комунікацій після внесення необхідних змін;
- інформування учасників про внесені зміни.

4. Завершення управління комунікаціями в ІТ-проекті складається з таких етапів:

- аналізу і оцінювання системи комунікацій;
- завершального звіту про управління комунікаціями;
- одержаних уроків стосовно досвіду управління комунікаціями.

5. Ухвалення рішення про подальше використання засобів комунікацій ІТ-проекту.

### **3.2. Класифікація комунікаційних процесів**

Комунікація в організаціях – це складний, динамічний і тривалий процес, який складається з джерел, що відправляють і приймають мовленнєві й письмові послання [119]. Цей процес можна розглядати як дію, взаємодію і власне процес [120].

Розглянемо типи й види комунікацій, використовуваних у практиці виконання ІТ-проектів, класифікуючи їх за найбільш значущими основами.

Типи комунікацій поділяють за складом комунікантів:

1. Міжособистісна комунікація – процес обміну повідомленнями та їхня інтерпретація двома або декількома індивідами, що вступили в безпосередній контакт.

2. Групова комунікація – процес, що виникає при безпосередньому спілкуванні невеликої кількості людей, що добре знають один одного й постійно взаємодіють. Нижньою межею групи зазвичай називають діаду (спілкування двох людей) або тріаду (спілкування трьох людей); верхня межа залежить від характеру діяльності групи.

3. Масова комунікація – процес поширення інформації (знань, духовних цінностей, моральних і правових норм та ін.) за допомогою технічних засобів на кількісно великі розосереджені аудиторії.

Комунікації в організаціях належать до типу групових комунікацій, в яких інформація поширюється за комунікативними мережами. Ці мережі бувають централізованими й децентралізованими.

У централізованих мережах переважно одна людина поширює навколо себе важливу для групи інформацію. Централізовані комунікативні мережі бувають таких видів:

- фронтальна – учасники не вступають в контакт, але знаходяться в полі зору один одного;
- радіальна – вся інформація передається членам групи тільки через центральну особу;
- ієрархічна – структура з двома та більше рівнями супідрядності членів групи.

У децентралізованих мережах учасники є рівними, кожен з них може приймати, переробляти, передавати інформацію й прямо спілкуватися з рештою учасників мережі.

Види децентралізованих комунікативних структур:

- ланцюжок – інформація передається послідовно від одного члена групи до іншого;
- кругова – однакові можливості мають в своєму розпорядженні всі без виключення члени групи. Інформація може нескінченно довго циркулювати між членами групи, доповнюватися і уточнюватися;
- повна – відсутні перешкоди для вільного спілкування й передавання інформації.

Вибір тієї або іншої комунікативної мережі залежить від вигляду і цілей взаємодії.

На основі проведеного аналізу все різноманіття процесів ділових комунікацій можна поділити на сім типів (рис.3.2) згідно з такими ознаками:



Рис. 3.2. Класифікація типів комунікацій

1. За причиною, за ініціатором обміну інформацією:
  - ініційований одержувачем обмін інформацією;
  - передавання інформації від джерела за його ініціативою;
  - стандартизований обмін інформацією за свідомо встановленими правилами.
2. За основною функцією процесу комунікації в групі або організації в цілому [121]:
  - контроль;
  - мотивація;
  - емоційний вираз;
  - поширення інформації.
3. За ступенем запланованості, формальності схеми обміну інформацією:
  - комунікації в планованій, формалізованій схемі. Обмін інформацією відбувається в умовах, коли адміністративні інструкції визначають, кому, з ким, в який час і як обмінюватися інформацією. Чим більш формалізована і закрита структура, тим докладніше опрацьовуються такі інструктивні документи, чіткіше організовується планування і напрям інформації за певними каналами, що мають наказові форми. Формалізовані схеми обміну інформацією «усікають»

її значну частину й тому мають періодично корегуватися з урахуванням змін, що відбуваються в структурі комунікативної системи (суб'єктах, каналах комунікації), а також в навколишніх соціальному, економічному, правовому середовищах та ін.;

– комунікації в непланованій, неформальній схемі, за допомогою якої у багатьох випадках можна істотно заповнити пропуск, пов'язаний з втратою (недоотриманням) частини інформації у формальній схемі. Неформальні канали обміну інформацією грають позитивну роль, якщо вони доповнюють формальну інформаційну структуру та допомагають організаційній структурі або всій організації виконувати свої завдання швидко і якісно.

#### 4. За напрямом [122]:

– вертикальні комунікації, які, в свою чергу, поділяють на низхідні й висхідні. Комунікації «згори-вниз» є основною частиною комунікаційного процесу керівника і містять постановку конкретних задач щодо виконання роботи, забезпечення інформацією про прийняті в даній організації процедури і практику; забезпечення інформацією, що стосується сенсу виконуваної роботи, інформування підлеглих про якість їх роботи тощо. Низхідні комунікації здійснюються за допомогою різноманітних письмових (робочих матеріалів, вказівок, журналів, газет, листів, дошок оголошень, плакатів, меморандумів) і мовленнєвих способів (наказів керівників, промов, нарад тощо). Висхідні комунікації, «знизу-вгору» виконують функцію оповіщення про те, що робиться на нижчих рівнях (звіти, доповідні записки, проектні матеріали та ін);

– горизонтальні комунікації в організаціях виникають у процесі взаємодії осіб, які рівні за положенням. Комунікація відбувається між членами групи, що мають однаковий ранг, а також між рівнозначними групами. Додаткові вигоди від комунікацій за горизонталлю полягають у формуванні рівноправних відносин.

#### 5. За способом обміну інформацією:

– письмове ділове спілкування – численні службові документи: діловий лист, протокол, звіт, довідка, доповідна і пояснювальна записки, акт, заява, договір, статут, положення, інструкція, рішення, розпорядження, вказівка, наказ, доручення тощо;

– мовленнєве – таке, що в свою чергу класифікується на монологічне (мова, доповідь) і діалогічне (ділова розмова, бесіда, переговори, інтерв'ю, дискусія, нарада, збори, дистанційна телефонна розмова, що виключає невербальну комунікацію);

– невербальне. Відомо, що значна частина мовної інформації сприймається через мову поз і жестів, звучання голосу, при цьому до

55% повідомлень сприймається через вираз обличчя, пози і жести, а 38% – через інтонації й модуляції голосу [123].

6. За сферою здійснення комунікацій між комунікантами виділяють внутрішні й зовнішні комунікації.

Внутрішні комунікації, у свою чергу, поділяють на такі види:

– комунікації в існуючій організаційній структурі управління, основані на відносинах між керівником і його підлеглими;

– комунікації функціональних відносин – це процеси комунікацій фахівця, який уповноважений виконувати ту або іншу функцію в межах всієї організації, з іншими членами організації. Зазвичай така виробнича місія має рекомендаційний характер;

– відносини управлінського апарату – представлення чийх-небудь прав і повноважень. Комунікації при цьому полягають у наданні рекомендацій, порад;

– латеральні відносини, які можуть бути двох категорій: колегіальні – між службовцями (працівниками) одного відділу, підлеглими одному начальникові; паралельні – відносини, які викликані необхідністю обміну інформацією, ідеями й думками між працівниками, що займають однакове положення в організації, але працюють у різних відділах і підрозділах.

7. За засобами спілкування:

– безпосереднє – здійснюване за допомогою природних органів, що є у живої істоти: руки, голова, тулуб, голосові зв'язки та ін.;

– опосередковане – пов'язане з використанням спеціальних засобів і знарядь.

Крім цих основних комунікаційних процесів, в організації можуть існувати й інші додаткові процеси, які є деякою модифікацією перелічених вище.

Комунікаційні процеси, що виникають при реалізації ІТ-проекту між його учасниками, як правило, мають декілька класифікаційних ознак. При аналізі їх впливу на реалізацію ІТ-проекту найбільший інтерес являють собою такі види взаємодій:

– заплановані формалізовані комунікації, що відображають стандартизований обмін інформацією при виконанні проекту (рис. 3.3);

– вертикальні висхідні комунікації з метою передавання інформації в письмовій і мовленнєвій формах (рис. 3.4);

– вертикальні низхідні комунікації щодо контролю виконання ІТ-проекту, здійснювані в письмовій і мовленнєвій формах (див. рис. 3.4);

– горизонтальні комунікації з метою поширення інформації в письмовій і мовленнєвій формах (див. рис. 3.4).



Типи комунікацій	Причина, ініціатор обміну		
	Ініційовані відправником	Ініційовані одержувачем	Стандартизований обмін
Заплановані формалізовані	-	-	+
Незаплановані неформалізовані	-	-	-

Рис. 3.3. Комунікації, які досліджують під час виконання ІТ-проекту

Напрямок комунікації	Спосіб обміну інформацією	Функція процесу комунікацій			
		Контроль	Мотивація	Емоційний вираз	Передача інформації
Вертикальний висхідний	Письмовий	-	-	-	+
	Мовленнєвий	-	-	-	+
	Невербальний	-	-	-	-
Вертикальний низхідний	Письмовий	+	-	-	-
	Мовленнєвий	+	-	-	-
	Невербальний	-	-	-	-
Горизонтальний	Письмовий	+	-	-	+
	Мовленнєвий	+	-	-	+
	Невербальний	-	-	-	-

Рис. 3.4. Комунікації, які досліджують під час виконання ІТ-проекту

У результаті здійснення цих комунікацій відбувається поширення проектної інформації, формування проектної документації, на основі аналізу якої керівництво ІТ-проектом на різних рівнях управління ухвалює раціональні управлінські рішення.

### **3.3. Аналіз моделей, що описують процеси комунікацій в організаційній структурі управління ІТ-проектами**

Комунікації як процес інформаційно-управлінської взаємодії людей-комунікантів вивчається на стику наук: менеджменту, психології, семіотики, комп'ютингу.

Комунікаційний процес – це процес передавання інформації від однієї людини до іншої або між групами людей за різними каналами і за допомогою різних комунікативних засобів. Він містить динамічну зміну етапів формування, передавання, приймання, розшифрування й використання інформації в обох напрямках при взаємодії комунікантів.

Комунікаційний процес може набувати різних форм залежно від кількості учасників, цілей сторін, що беруть участь у ньому, використовуваних каналів, засобів, стратегій тощо. Звідси й велика кількість моделей комунікації, наведених у науковій літературі. Модель комунікації відтворює складові елементи й функціональні характеристики комунікаційного процесу у вигляді схеми.

Все різноманіття моделей процесу комунікацій в ІТ-проектах можна умовно поділити на дві великі групи: лінійні й нелінійні моделі.

### Лінійні моделі комунікації

1. Модель Лассуелла [124] є одночасно й моделлю дослідження комунікаційного процесу, й розгорнутим планом власне комунікативної дії. Вона розроблена на основі досвіду ведення пропаганди в армійських підрозділах під час Другої світової війни і розкривається у міру відповіді на питання, що виникають послідовно: хто, що повідомляє, за яким каналом, кому, з яким ефектом? Модель має істотний недолік – вона монологічна, в її конфігурацію не входить зворотний зв'язок [125].

2. Модель Шеннона-Уївера [126] (рис. 3.5). К. Шеннон увів поняття шуму (надалі це почали пов'язувати з поняттям ентропії й надмірності). Ентропія (шум) у теорії комунікації пов'язана з тими зовнішніми чинниками, які викривляють повідомлення, порушують його цілісність і можливість сприйняття приймачем. Негентропія (негативна ентропія) пов'язана з тими випадками, коли неповне або викривлене повідомлення все ж таки отримано приймачем завдяки його здатності розпізнати повідомлення, не дивлячись на його викривлення та інформацію, якої бракує. Математична теорія зв'язку Шеннона абстрагується від змісту (сенсу) переданої інформації, зосереджуючись цілком на її кількості, вимірюючи кількість переданих сигналів:

$$H = -\sum_{i=1}^N P_i \ln(P_i),$$

де  $p_i$  – вірогідність  $i$ -го інформаційного масиву з  $N$  можливих масивів.

Модель має ряд обмежень: вона механістична – відображає переважно технічні способи комунікації; абстрагується від сенсу переданої інформації, увага приділяється тільки її кількості; комунікаційний процес у даній моделі є лінійним, однонаправленим, зворотний зв'язок відсутній.

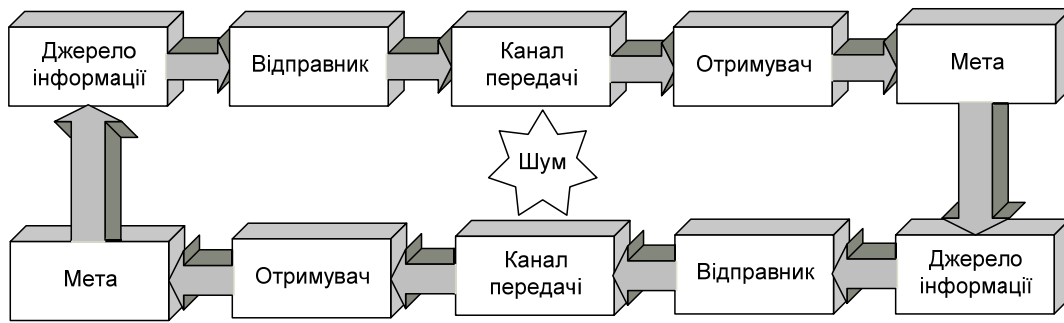


Рис. 3.5. Модель Шеннона-Уївера

Семіотична модель комунікацій М.де Флер [127, 150] (рис. 3.6) виходить з того, що в процесі будь-якої інформаційної взаємодії відбувається перетворення інформаційного інваріанта з його прагматичного аспекту  $I'_B$  (відношення інформація–суб'єкт–комунікант) в семантичний аспект  $I'_A$  (відношення інформація–предметна область), а потім в синтаксичний  $I'_S$  (середовище передавання–інформація). На приймальній стороні процеси перетворення інформації повторюються в зворотному порядку. Де Флер вводить поняття зворотного зв'язку, який дає можливість комунікантам збільшити відповідність між відправленим і прийнятим значеннями.

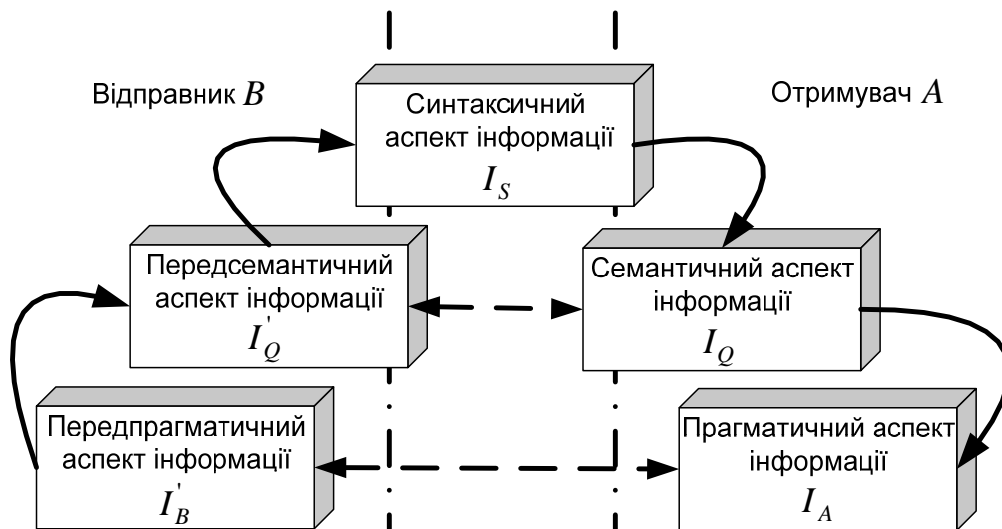


Рис. 3.6. Семіотична модель перетворення інформації в комунікаційному процесі

### Нелінійні моделі комунікації

Лінійні моделі завдяки спрощенням полегшують розуміння послідовності подій. Проте в реалії комунікація є складною багаторівневою і не завжди послідовною дією суб'єктів, що обмінюються інформацією.

1. Нелінійна модель комунікації Теодора Ньюкомба (рис. 3.7), що набула найбільшого поширення, має вигляд рівнобічного трикутника, вершини якого відповідають комуніканту, комунікатору і соціальній ситуації. Взаємодія комуніканта з комунікатором здійснюється як з урахуванням соціальної ситуації, так і без урахування.

2. Циркулярна модель комунікації німецького комунікативіста Р. Малецке. У циркулярній комунікації на відміну від лінійної людина одночасно й постійно виступає і як джерело, і як одержувач інформації. У моделі Малецке велике значення приділяється принципу детермінізму: унікальне поєднання чинників, що склалося в даний момент у ланці комунікатора, породжує чітко задану комунікативну поведінку, яка накладається на ситуацію в ланці одержувача і призводить до закономірних передбачених наслідків. Передбачуваність – цінна якість моделі, що дозволяє прогнозувати результат комунікативної ситуації і управляти нею.

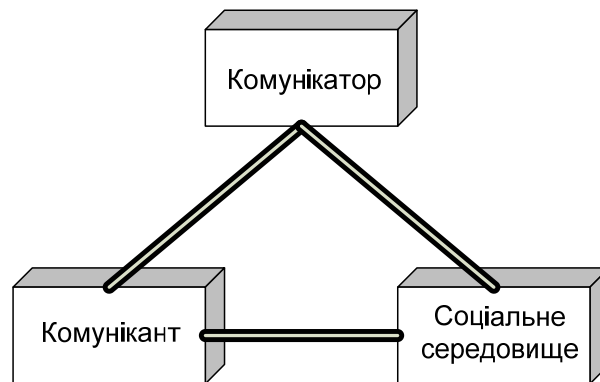


Рис. 3.7. Модель комунікації Теодора Ньюкомба

Якщо існує достатньо багато моделей, що якісно характеризують процеси комунікації, то кількісні моделі обмежені їхнім синтаксичним аспектом.

Загальним недоліком існуючих моделей є те, що вони мають якісний, а не кількісний характер, а також не відображають очевидну залежність трудомісткості виконуваних робіт від процесів комунікації, необхідних для їх здійснення. Практично повністю відсутні моделі й методи, основані на кількісних оцінках, а саме кількісне оцінювання – основа інженерної діяльності, тому досвід виконання попередніх ІТ-проектів стає єдиною фактографічною основою.

У цьому розділі проаналізовано комунікаційні процеси при плануванні і виконанні ІТ-проектів. Наведено визначення процесу комунікацій, а також його зміст. Проведено класифікацію процесів комунікацій з урахуванням вибраної організаційної системи управління ІТ-проектом. Виконано аналіз формального подання й моделювання процесів комунікацій.

## Контрольні запитання

1. У чому полягають поняття й зміст комунікаційного процесу в організаційних структурах управління ІТ-проектами?
2. Які існують типи комунікацій?
3. Які існують моделі комунікаційних процесів?
4. У чому полягають особливості лінійних моделей комунікаційних процесів?
5. Які існують особливості нелінійних моделей комунікаційних процесів?
6. У чому полягає комунікаційний процес при виконанні ІТ-проекту?
7. Коли виникають комунікації під час виконання ІТ-проекту?
8. З чого складається процес управління комунікаціями у ІТ-проекті?
9. Які існують види комунікаційних мереж?
10. У чому різниця вертикальних і горизонтальних комунікаційних процесів?

## Завдання

1. Перелічіть комунікаційні взаємодії учасників ІТ-проекту.
2. Обґрунтуйте вибір типу комунікацій в організаційній системі управління ІТ-проекту.
3. Обґрунтуйте вибір моделі (лінійної, нелінійної) процесу комунікацій в організаційній системі управління ІТ-проекту.
4. Опишіть складові комунікаційного процесу на прикладі взаємодії керівника групи та виконавця функціональної роботи в ІТ-проекті.
5. У графовій моделі ОСУ ІТ-проектом зазначте, де виникають комунікаційні процеси.
6. Перелічіть основні дії, пов'язані з плануванням комунікацій на прикладі взаємодії двох учасників ІТ-проекту, заданого викладачем.
7. Назвіть вертикальні комунікації, які виникають в організаційній системі управління, яка задана викладачем.
8. Назвіть основні способи обміну інформацією у комунікаційному процесі.
9. Опишіть семіотичну модель комунікацій.
10. Побудуйте схему моделі процесу комунікації Шеннона-Уівера.
11. Побудуйте схему моделі процесу комунікації Теодора Ньюкомба.

## **Розділ 4. МОДЕЛЮВАННЯ ОРГАНІЗАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ІТ-ПРОЕКТОМ**

У даному розділі розглянуто моделювання організаційних систем управління ІТ-проектом з урахуванням комунікаційних взаємодій його учасників. Для проведення комплексного дослідження впливу організаційної системи управління і комунікаційних взаємодій, що протікають в ній, на виконання ІТ-проекту, розроблено системну модель управління ІТ-проектом з використанням математичного апарату теорії графів. Створено алгоритмічні моделі для оптимізації, перетворення й формування узагальнених протоколів комунікаційної взаємодії. Для моделювання динамічних процесів побудовано мультиагентну імітаційну модель.

### **4.1. Системна модель ІТ-проекту**

Головною метою управління організаційними комунікаціями є підвищення ступеня задоволення комунікаційних потреб – специфічних потреб в інформації й координації зусиль, коли цілі, що стоять перед організацією, не можуть бути досягнуті без комунікаційних взаємодій. Комунікаційні потреби, таким чином, є ширшими за потреби інформаційні, такі, що трактували як «потреби в інформації, що виникають, коли мета, що стоїть перед споживачем, не може бути досягнута без певної дії, що управляє, тобто без втручання ззовні у вигляді інформації» [128, 129], і крім потреб в інформації містять потреби у такому:

- ефективному зворотному зв'язку всередині організації;
- зворотному зв'язку із споживачами;
- координації дій;
- об'єднанні колективу;
- підтриманні сприятливого іміджу організації.

Із всіх видів ефектів комунікацій, розглянутих у роботі [129], виділимо особливо актуальні для ІТ-проектів:

- соціальний – оптимізація системи мотивації, підвищення довіри до керівництва, активності й відповідальності персоналу, зниження плинності кадрів;
- інноваційний – скорочення періоду розроблення нових ІУС, програмних проектів і в цілому виробничого циклу, використання ідей співробітників і підвищення інноваційної активності;
- управлінський – економія ресурсів (фінансових, часових) за рахунок поширення вже знайдених рішень, обміну досвідом і

досягненнями, підвищення обґрунтованості управлінських рішень і скорочення управлінського циклу;

– координаційний – поліпшення взаємодії підрозділів, підвищення узгодженості дій і рішень.

### Загальні положення

Процес розроблення ІТ-проекту – взаємозв'язана множина видів діяльності, що перетворюють входи у виходи. Входами й виходами процесу ( $WP_{in}, WP_{out}$  – **work products**) є продукти: інформаційні – документи й матеріально-енергетичні – матеріали, комплектуючі, енергія в різних формах, макети, зразки та інші, які використовують і створюють в ході виконання ІТ-проекту. Весь процес розроблення складається з окремих процесів –  $\{P_i\}, i = 1..n$ , а кожен з них – з дрібніших компонентів видів діяльності (activities) –  $P_i = \{A_{ij}\}, j = 1..m_i$ . Будь-який процес може отримувати на вхід частину продуктів із множини вхідних продуктів всього процесу та створювати інші продукти, частина яких надходить на вихід усього процесу. У свою чергу, кожний вид діяльності складається із задач (tasks) –  $A_{ij} = \{T_{ijl}\}, l = 1..k_{ij}$ , на вхід яких надходить частина вхідних продуктів виду діяльності і результатом виконання яких є один або декілька інших продуктів або компонентів продуктів. Реальний розподіл праці всередині ІТ-проекту достатньо точно відображається розділенням процесів і підпроцесів на технічні, організаційні й процеси менеджменту.

**Системна модель** управління ІТ-проектом з урахуванням комунікацій між його учасниками – це формальне подання взаємозв'язків унікальних характеристик ІТ-проекту, бізнес-процесів, що відбуваються при його реалізації, учасників ІТ-проекту і їхніх взаємодій, а також впливу цих взаємозв'язків на результат виконання ІТ-проекту.

Системна модель призначена для зображення управління проектом як кібернетичної системи й містить три основних блока (рис. 4.1):

1. Модель об'єктів управління – це модель, що містить процеси:

– створення продукту (WP);

– управління ІТ-проектом (MP);

– комунікативні процеси між суб'єктами управління (CP):

$$\{P_i\} = WP \cup MP \cup CP.$$

2. Модель суб'єктів управління – це опис активних учасників ІТ-проекту, що взаємодіють при виробленні, ухваленні та реалізації управлінських рішень в процесі виконання цього проекту. Як суб'єкти управління виділимо множини:

- $W$  – виконавці ІТ-проекту;
- $M$  – команда управління ІТ-проектом;
- $Z$  – учасники ІТ-проекту, зовнішні відносно адміністративної структури розробника (команди інвестора, замовника, генерального контрактора, співвиконавців).

3. Модель необхідних ресурсів  $R$ : люди ( $R_P$ ), засоби ( $R_S$ ) і методи ( $R_M$ ), що є доступними в ході виконання ІТ-проекту. З доступних людей ( $R_P$ ) формують команди виконавців й управлінців:  $W \cup M \in R_P$ . Методи ( $R_M$ ) – це ресурс, що не витрачається і який може створюватися в ході виконання ІТ-проекту.

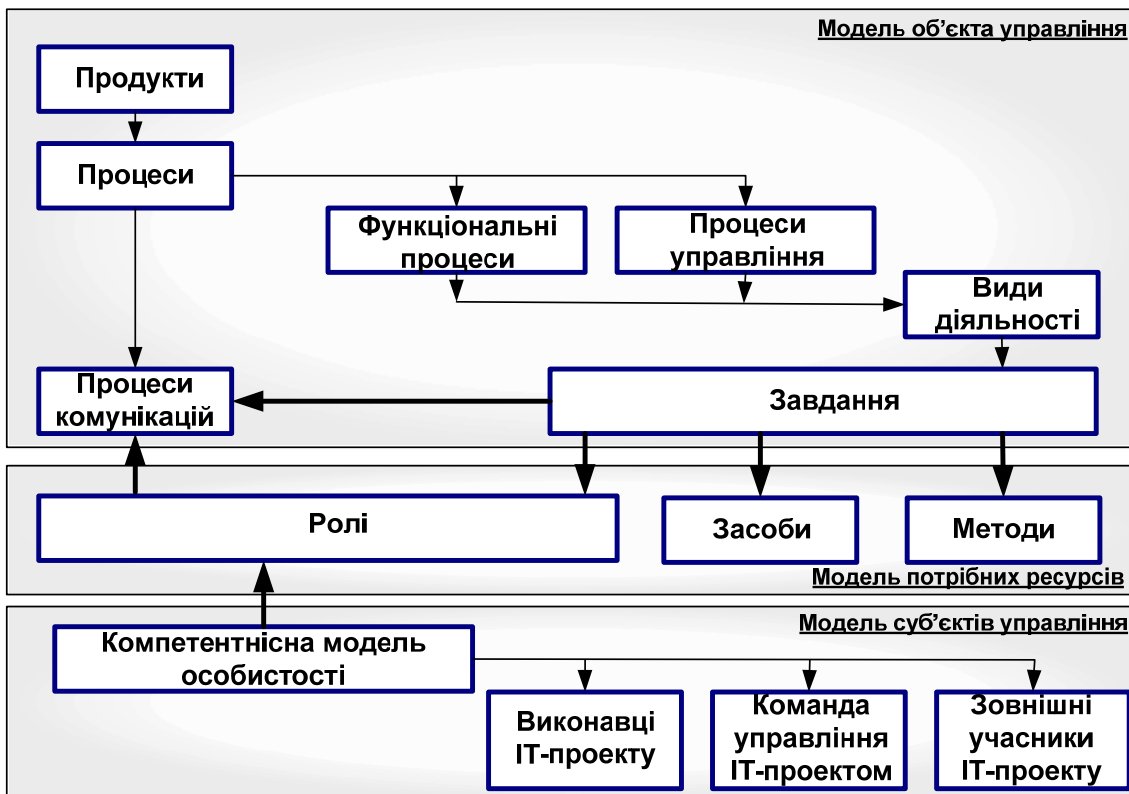


Рис. 4.1. Структура системної моделі управління ІТ-проектом

### Модель структури ІТ-проекту

Найбільш важливим обмеженням, інваріантним в даній оптимізаційній постановці, є взаємозалежність задач, які є нижнім рівнем в ієрархії «процеси, види діяльності, задачі».



Моделлю структури ІТ-проекту є орієнтований ациклічний граф, що відображає відношення передування й безпосереднього передування між задачами, яке характеризує їх часткову впорядкованість:

$$\varphi_T = (T, F_{TT}) \Leftrightarrow \Gamma_{TT} = (T, T, F_{TT}), \quad (4.1)$$

де  $T$  – множина задач;

$F_{TT}$  – графік відповідності.

Запропонована нотація являє собою варіант, коли проектні задачі відповідають вершинам графа. Вважатимемо надалі, що для кожної такої вершини-задачі  $T_i$  експертним шляхом може бути отримана інтервальна оцінка трудомісткості її виконання:

$$\text{Cost}(T_i) = f(C_{T_i}, N_{T_i}) = C_{T_i} + \text{Com}_{T_i}(N_{T_i}, \tau_{T_i}), \quad (4.2)$$

де  $C_{T_i}$  – базова трудомісткість;

$N_{T_i}$  – кількість учасників робіт;

$\tau_{T_i}$  – тривалість робіт;

$\text{Com}_{T_i}(N_{T_i}, \tau_{T_i})$  – функція втрат часу на комунікації між виконавцями даної роботи.

За допомогою графіка відповідності  $F_{TT}$  слід враховувати характер залежностей (зв'язків передування) між роботами. Зв'язок за часом відображає в розкладі логічну залежність між роботами в реальному світі. Найбільш частою причиною таких залежностей є технологічні обмеження (початок одних робіт залежить від результатів інших), хоча можливі обмеження, що пов'язані з іншими міркуваннями.

Відповідно до встановлених зв'язків роботи поділяють на попередні  $T_{prev}$  і наступні  $T_{post}$ . Попередня робота є такою, що забезпечує для наступної роботи, тобто для початку її виконання, реалізацію всіх попередніх.

Для планування залежностей між задачами можна використовувати чотири типи зв'язків передування:

– «Кінець-початок» – залежність, що найбільш часто зустрічається, при якій виконання наступного завдання не може бути розпочато, поки не завершено попереднє, при цьому існують додаткові обмеження, наприклад, старт наступної задачі є можливим через заданий час після закінчення попередньої.

– «Початок-початок» застосовують для моделювання робіт, розпочинання яких є взаємозалежними. В цьому випадку початок наступної

задачі є можливим, якщо попередня почалася і, можливо, виконувалася протягом певного періоду, названого часом затримки.

– «Кінець-кінець» використовують, якщо бажане закінчення наступної роботи залежить від закінчення роботи-попередниці, але починатися роботи можуть незалежно.

– «Початок-кінець» застосовують рідко, але цей зв'язок є корисним, якщо при плануванні потрібно затримати закінчення роботи на якомога триваліший термін, пов'язавши її закінчення з початком іншої роботи.

У загальному вигляді всі перелічені вище часові обмеження можна записати у вигляді

$$\tau_{i_{post}} \geq \tau_{j_{prev}} + \Delta\tau, \quad (4.3)$$

де  $i, j$  приймають два значення: «старт» і «фініш» відповідно;

$\Delta\tau$  – допустимий час затримки.

### Модель проектної команди

Модель проектної команди призначена для відображення взаємозв'язків учасників ІТ-проекту, відносин їхньої адміністративної підлеглості і виконуваних ролей у ході реалізації ІТ-проекту:

$$H = (N \cup M, T, E, F_Z, F_{DR}, F_{N \cup M, T}). \quad (4.4)$$

У цю модель входить чотири підграфи:

1. Ациклічний підграф відносин безпосередньої адміністративної підлеглості:

$$H = (N \cup M, E), \quad (4.5)$$

де  $N$  – скінченна множина виконавців, які можуть взаємодіяти;

$M$  – скінченна множина менеджерів, що управляють взаємодією виконавців;

$V = N \cup M$  – множина учасників ІТ-проекту (виконавців і менеджерів).

$E \subseteq V \times M$  – множина ребер підлеглості. Ребро означає, що учасник команди ІТ-проекту  $v \in V$  є безпосереднім підлеглим менеджера  $m \in M$ . Таким чином, ребро спрямовано від безпосереднього начальника до його безпосереднього підлеглого. Учасник команди ІТ-проекту  $v \in V$  є підлеглим менеджера, якщо існує ланцюжок ребер підлеглості з  $v$  в  $m$ .

Ациклічність означає, що не існує такої підпорядкованості, в якій менеджер є одночасно і начальником, і підлеглим. Існування

менеджера, якому підпорядковані всі виконавці, означає, що у будь-якої кількості виконавців знайдеться загальний керівник.

2. Для відображення здібностей кожного виконавця (менеджера) виконувати конкретне функціональне завдання (завдання управління) застосовують підграф-модель компетенцій:

$$\Gamma_{VT} = (N \cup M, T, F_{N \cup M, T}), \quad (4.6)$$

де  $T$  – множина всіх відомих задач (типів робіт) ІТ-проекту:

$$T = T' \cup T'' ; T' \cap T'' = \emptyset, \quad (4.7)$$

де  $T'$  і  $T''$  – підмножини функціональних і управлінських задач (робіт) ІТ-проекту;

$F_{N \cup M, T} \subseteq N \cup M \times T$  – множина ребер, що характеризують наявний досвід учасників ІТ-проекту, вимірюваний кількістю попередніх виконань конкретної ролі  $t$  певним виконавцем  $v$ :

$$f_{v,t} \succ 0, f_{v,t} \in N.$$

Тоді  $\forall T_v, T_v \subset T$  – підмножина задач (типів робіт), які може виконувати виконавець  $v \in V$ .

3. Підграф ролевих заборон є взаємовідображенням ролей і характеризує заборону на одночасне виконання будь-яким учасником ІТ-проекту двох певних ролей:

$$\Gamma_Z = (T, F_Z), \quad (4.8)$$

де  $F_Z \subseteq T \times T$ .

4. Для відображення можливості виконання конкретної ролі виконавцем з певним рівнем підлеглості використовуватимемо додатковий підграф

$$\Gamma_{DR} = (N \cup M, T, F_{DR}), \quad (4.9)$$

де  $F_{DR} \subseteq N \cup M \times T$  – множина ребер, що характеризують можливість певним виконавцем  $v$  виконувати конкретні ролі  $t$  у проекті  $f_{v,t} \succ 0, f_{v,t} \in N$ .

Таким чином, модель проектної команди (рис. 4.2) уточнює класичну постановку «завдання про призначення» – пошуку на дводольному графі паропоеднань, що задовольняють вимогам деяких критеріїв [134] шляхом урахування обмежень, властивих даному завданню.

Розв'язком цієї задачі в певний час виконання ІТ-проекту  $\tau_i$  є допустиме паропоеднання «учасники ІТ-проекту – виконувані ролі»:

$$H^{t_i} = \left( N \cup M, T^{t_i}, F_{N \cup M, T^{t_i}}^{t_i} \right) \quad (4.10)$$

при обмеженнях:

$$\forall t_i, \forall t_j \in T^{t_i}, F_{N \cup M, t_i}^{t_i} \subseteq F_{DR} \quad (4.11)$$

$$\forall t_i, \forall t_j \in T^{t_i}, F_{N \cup M, t_i}^{t_i} \subseteq F_{N \cup M, T} \quad (4.12)$$

$$\forall t_i, \forall t_n, t_j \in T^{t_i}, (t_n, t_j) \in F_Z \Rightarrow F_{N \cup M, t_n}^{t_i} \cap F_{N \cup M, t_j}^{t_i} = \emptyset. \quad (4.13)$$

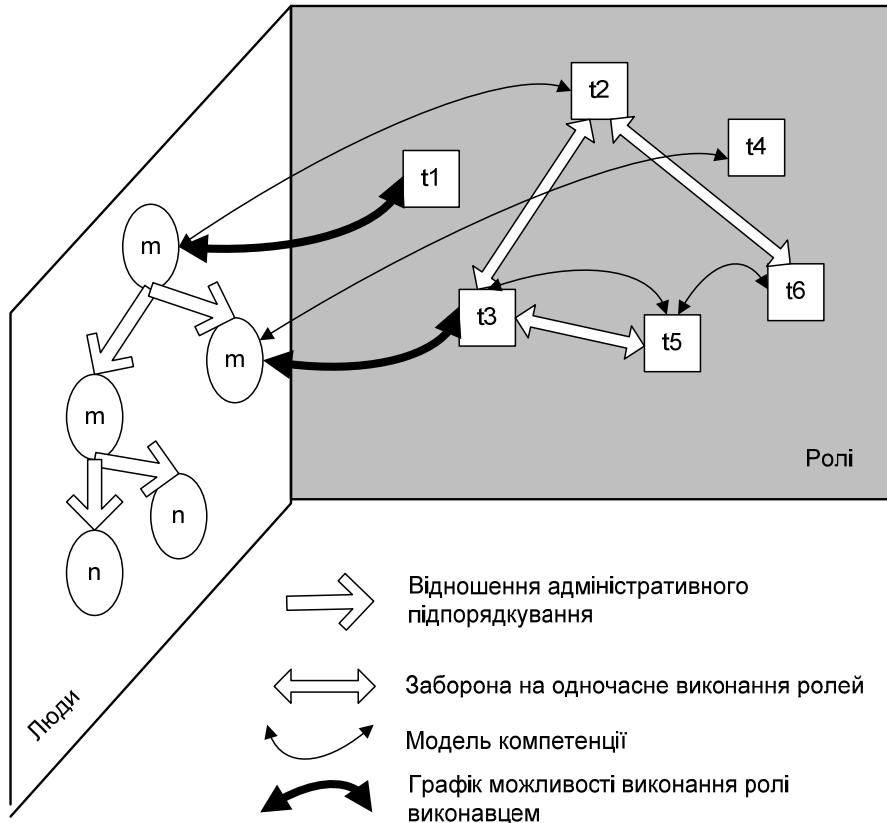


Рис. 4.2. Модель проектної команди

### Модель ресурсів

Моделлю призначення (розподілу) ресурсів, необхідних для виконання кожної задачі ІТ-проекту, є граф відповідності:

$$\Gamma_{RT} = (R, T, F_{RT}), \quad (4.14)$$

де  $R$  – область відправлення, множина ресурсів;

$T$  – область прибуття, множина задач;

$F_{RT}$  – графік відповідності.

Графік відповідності відображає залежність між окремими задачами ІТ-проекту і ресурсами, дуги – функції, що характеризують

кількість необхідного ресурсу  $S$ , його тип і спосіб використання.

Потреба в певних «ролях» для виконання робіт відповідає призначенню виконавців для вирішення задач. У даному випадку дуга (кількість необхідного ресурсу) характеризує залежність трудовитрат від умов робіт.

Задачі реалізуються з постійною інтенсивністю, якщо кількість ресурсів у процесі їх виконання не змінюється. В цьому випадку досить задати тривалість їх виконання при різних рівнях ресурсів, тобто залежність  $\tau(u)$ , де  $u$  – кількість ресурсів, необхідних для

вирішення задач. Відношення  $W(u) = \frac{W}{\tau(u)}$  визначає інтенсивність

виконання задачі (продуктивність використання ресурсів), яку прийнято називати швидкістю реалізації задачі.

Задачу вирішують із змінною інтенсивністю, коли кількість ресурсів може мінятися під час її реалізації. Для опису задачі необхідно задати її обсяг  $W$  і залежність  $w = f(u)$  – швидкість її виконання від кількості використовуваних ресурсів. Запишемо співвідношення

$$\int_{t_H}^{t_K} f[u(t)] dt = W, \quad (4.15)$$

де  $u(t)$  – кількість ресурсів для реалізації задачі у заданий момент часу,

$t_H$  – момент початку виконання задачі,

$t_K$  – момент закінчення виконання задачі.

Спочатку із збільшенням кількості ресурсів середня продуктивність зростає, а потім починає падати.

На практиці застосовують простіші залежності: або лінійні

$$f(u) = \begin{cases} 0, u < a \\ u, a \leq u \leq b, \\ b, b \leq u \end{cases} \quad (4.16)$$

або степеневі  $f(u) = u^\alpha$  (як правило  $\alpha < 1$ ).

Важливою характеристикою задачі є витрати ресурсів

$$S = \int_{t_H}^{t_K} u(t) dt. \quad (4.17)$$

Очевидно, що із зростанням витрат тривалість виконання задач не збільшується при розумному використанні ресурсів.

При виконанні задач ІТ-проекту, як правило, застосовують різні ресурси. Можна виділити дві взаємозв'язані групи ресурсів:

1. Матеріально-технічні: матеріали, комплектуючі, енергетичні.
2. Технологічні (ресурси типу «потужність»): комп'ютерна техніка для виконання робіт ІТ-проекту; встановлюване устаткування; трудові ресурси, що здійснюють безпосередню роботу з матеріально-технічними ресурсами .

Ці різноманіття зводять до двох основних типів:

1. **Невідтворні, складовані, нагромаджені ресурси.** В процесі виконання робіт цей тип ресурсу витрачається повністю. Не використані в даний відрізок часу ресурси можна застосовувати надалі. Іншими словами, такі ресурси можна нагромаджувати з подальшим витрачанням запасів, тому їх часто називають «енергія», це – паливо, предмети, засоби праці одноразового застосування, а також фінансові ресурси.

2. **Відтворні, нескладовані, ненагромаджені ресурси.** Вони зберігають свою натурально-речову форму і у міру вивільнення можуть використовуватися на інших роботах. Якщо ці ресурси простоюють, то їх невикористання у певний відрізок часу не компенсується в майбутньому, тобто вони не нагромаджуються. Тому такі ресурси називають ще «потужність»: це – люди й засоби праці багаторазового застосування (комп'ютерна і офісна техніка тощо).

У процесі виконання ІТ-проекту можна використовувати як куплені матеріали, так і створені в результаті окремих робіт за ІТ-проектом, а також за іншими проектами.

Обмеження ресурсів, які можна застосовувати при виконанні ІТ-проекту, визначаються функцією наявності (доступності) ресурсів. Якщо  $N_j(t)$  – функція наявності  $j$ -го ресурсу, то обмеження розподілу ресурсів за завданнями ІТ-проекту має вигляд

$$\sum_{i=1}^n a_{ij} u_i(t) \leq N_j(t), \quad (4.18)$$

де  $u_i(t)$  – кількість визначального ресурсу для задачі  $i$ ;

$a_{ij}$  – параметри набору;

$n$  – кількість задач ІТ-проекту.

Досить часто роботи за ІТ-проектом поділяють на класи так, що роботи одного класу виконують із використанням ресурсів одного виду. Якщо  $P_j$  – кількість робіт, що виконують із застосуванням ресурсів

$j$ -го виду,  $N_j(t)$  – функція наявності ресурсів  $j$ -го виду, то обмеження розподілу ресурсів записують таким чином:

$$\sum_{i \in P_j} u_i(t) \leq N_j(t), j = \overline{1, m}. \quad (4.19)$$

Обмеження нагромаджуваних ресурсів задають в інтегральному вигляді:

$$\sum_{i=1}^n \int_0^t u_i(\tau) d\tau \leq S(t). \quad (4.20)$$

Якщо обмежено загальні витрати  $S$  на проект (або обмежено вартість ІТ-проекту), то обмеження ресурсів визначають такою нерівністю:

$$\sum_{i=1}^n s_i \leq S, \quad (4.21)$$

де  $s_i$  – витрати ресурсу на виконання  $i$ -ї задачі (або вартість  $i$ -ї роботи).

Задача оптимального розподілу ресурсів полягає у визначенні допустимого за обмеженнями розподілу ресурсів, який мінімізує заданий критерій оптимальності.

При визначенні витрат на реалізацію ІТ-проекту необхідно також враховувати інші обмеження, а саме: директивні терміни виконання ІТ-проекту, гранично допустимі норми ризиків.

### Системна модель комунікаційних процесів у команді ІТ-проекту

Системна модель комунікаційного процесу – це формальне подання взаємодії учасників ІТ-проекту, що враховує адміністративні відносини підлеглості учасників процесу комунікації, виконуваних ролі в цьому процесі, цілі й способи їхнього здійснення.

Системну модель комунікаційного процесу можна подати у вигляді трьох складових:

$$SMCP = \langle CSP, OSP, GMP \rangle, \quad (4.22)$$

де **CSP** – суб'єкти комунікації,

**OSP** – об'єкти комунікації,

**GMP** – протокол процесу комунікацій.

1. **CSP** – суб'єкти комунікацій – комуніканти, активні учасники комунікаційного процесу, які взаємодіють під час цього процесу.

2. **OSP** – об'єкти комунікацій – вхідні, проміжні й вихідні продукти інформаційної взаємодії учасників комунікацій. Об'єктами комунікацій є документи і наради.

Документи (від лат. documentum – зразок, свідоцтво, доказ, будь-який матеріальний об'єкт) – матеріальний носій, що містить, подає інформацію в зафіксованому вигляді й спеціально призначений для її передавання в часі й просторі [135].

Класифікація документів є достатньо складною, їх розрізняють за призначенням, часом створення, способом подання, місцем видання, напрямом відправлення та ін.

До основних документів, що забезпечують інформаційний обмін між організаціями й структурними підрозділами, належать такі [136]:

- розпорядливі: наказ, виписка з наказу, розпорядження, вказівка, постанова;
- інформаційно-довідкові: акт, протокол, лист, довідка, доповідна, пояснювальна й службова записки;
- проектно-конструкторські: записка пояснення, звіт, технічні вимоги (технічне завдання), план (план-графік) виконання робіт, специфікація тощо.

До усного способу обміну інформацією належать наради різних форм, необхідні для реалізації ІТ-проекту.

Нарада – це форма управлінської діяльності, змістом якої є спільна робота певного колективу учасників управлінського процесу в заздалегідь визначений часовий період, в заздалегідь обумовленому місці для вироблення й прийняття рішення із заздалегідь певного питання [137].

Існують різні класифікації ділових нарад. Прийнято розрізняти ділові наради за цільовою спрямованістю, тематикою питань, що розглядають, за призначенням, періодичністю проведення, характером вирішуваних і обговорюваних питань, методами ведення, кількістю учасників тощо.

З аналізу, що проводиться, найбільший інтерес мають такі ділові наради [138]:

- ознайомлювальні – видача задач, підвищення кваліфікації, передавання додаткових професійних знань;
- роз'яснювальні – переконання співробітників щодо правильності політики, що проводиться; неминучості зроблених кроків;
- проблемні, дискусійні – колективний пошук рішень комплексного й складного питання;
- координаційні – забезпечення взаємодії підрозділів організації;
- інформаційні, інструктивні – доведення до відома персоналу



певної інформації, узагальнення інформаційних відомостей, вивчення різних точок зору на проблеми;

– оперативні – отримання поточних відомостей про стан справ в організації, вироблення оперативних рішень, подолання «вузьких місць» при виконанні поставлених задач, постановка відповідних задач перед виконавцями, обмін інформацією для оцінювання дійсного положення справ і обсягу управління, вироблення рішень щодо подальшого поліпшення ситуації.

3. **GMP** – протокол комунікаційного процесу – формалізоване подання комунікаційного процесу.

**Комунікаційний процес** – це безперервна послідовність комунікативних актів, що забезпечують взаємодію суб'єктів комунікаційного процесу під час виконання взаємозалежних задач за ІТ-проектом і дозволяють одержати два види результатів процесу:

– спостережуваний і вимірюваний – створення або змінення стану об'єктів комунікації;

– безпосередньо невимірюваний – змінення інформованості, позицій або мотивації суб'єктів комунікацій – комунікантів.

Сам комунікаційний процес може бути ініційований або за часом, або за певною подією.

**Комунікативний акт** – це взаємодія учасників проектною команди, що містить етапи: створення або модифікації об'єкта комунікації (інформаційного повідомлення) суб'єктами комунікації, його передавання й приймання через середовище комунікації, сприйняття інформації, що є в об'єкті комунікації, суб'єктами комунікації.

### **Графова модель протоколу комунікаційного процесу**

Наведемо протокол комунікаційного процесу у вигляді орграфу, що характеризує послідовність комунікативних актів і складається з множини вершин – актів комунікації  $\{KA\}$  і множини ребер, що характеризують можливість переходу від поточного акту  $KA_i$  до наступного  $KA_j$  при настанні певної події  $Ev(KA_i)$ :

$$GMP = \langle \{KA\}, \{ \langle KA_i, KA_j, Ev(KA_i) \rangle \} \rangle. \quad (4.23)$$

Подія  $Ev(KA_i)$  може бути однією з трьох типів:

– внутрішня  $Ev_{rez}$  – завершення поточного комунікативного акту з певним результатом;

– зовнішня – приводить до переходу після нормального

завершення поточного комунікативного акту;

– зовнішня – перериває поточний комунікативний акт і приводить до негайного переходу до наступного акту.

Очевидно, що кожний подальший тип є пріоритетнішим відносно попереднього.

Для забезпечення можливості ієрархічного аналізу комунікаційних процесів визначимо поняття «Комунікативний акт» рекурсивно.

**Комунікативний акт** – це або комунікаційний процес, що складається з декількох комунікативних актів, або елементарний комунікативний акт, що свідчить про виродження поняття «комунікаційний процес»:

$$KA = \begin{cases} GMP, \|\{KA\}_{GMP}\| > 1, \\ \langle CSP_{KA}, OSP_{KA}, \overline{KA} \rangle, GMP \equiv \langle KA, \emptyset \rangle \end{cases} \quad (4.24)$$

Елементарний комунікативний акт взаємодії можна формально подати у вигляді

$$KA \equiv \langle CSP_{KA}, OSP_{KA}, \overline{KA} \rangle, \quad (4.25)$$

де  $\overline{KA}$  – тип комунікативного акту;

$CSP_{KA}$  – множина суб'єктів, учасників комунікативного акту;

$N = \|CSP_{KA}\|$  – кількість його учасників;

$OSP_{KA} \subset OSP$  – підмножина всіх об'єктів комунікаційного процесу, що застосовують у певному комунікативному акті  $KA$ .

Для суб'єктів, учасників комунікативного акту, прийнемо

$$\forall CSP_i, CSP_i \in CSP_{KA} / CSP_i = \langle RCP_i, RP_i, S_{CSP_i}, F_{CSP_i} \rangle, \quad (4.26)$$

де  $RP_i$  – роль учасника комунікативного акту в проектній команді;

$$RCP_i \in \left\{ \begin{array}{l} \text{"Автор"}, \text{"Перевірятьник"}, \text{"Той, хто затверджує"}, \\ \text{"Той, хто узгоджує"}, \text{"Редактор"}, \text{"Читач"} \end{array} \right\}$$

– роль учасника комунікативного акту в самому акті [139];

$S_{CSP_i}, (F_{CSP_i})$  – час початку (завершення) комунікації.

У розглянутому описі ролі учасника комунікативного акту використано подання номінативних даних, коли наведені дані виміряно в шкалі найменувань у вигляді назв класів або довільно вибраних позначок [140].

Тип комунікативного акту – це послідовність

$$\overline{KA} = \langle FC, ME \rangle, \quad (4.27)$$

де  $FC$  – комунікативна функція,

$$FC \in \left\{ \begin{array}{l} \text{"Обмін інформацією", "Контроль"}, \\ \text{"Мотивація", "Розпорядження"} \end{array} \right\};$$

$ME$  – спосіб обміну інформацією

$$ME \in \{ \text{"Письмовий"}, \text{"Мовленнєвий"} \}.$$

У процесі письмових комунікативних взаємодій відбувається зміна стану об'єктів і суб'єктів комунікації, мовленнєві взаємодії впливають тільки на стан суб'єктів.

Залежно від типу комунікативного акту визначаються обмеження часу початку ( $S_{CSP_i}$ ) й завершення ( $F_{CSP_i}$ ) комунікації. Так, у мовленнєвих комунікаціях, коли комуніканти беруть участь в акті одночасно:

$$\forall CSP_i \in CSP_{KA}, \forall CSP_j \in CSP_{KA} / S_{CSP_i} = S_{CSP_j} \cup F_{CSP_i} = F_{CSP_j}. \quad (4.28)$$

У письмових комунікативних актах вважатимемо, що вся множина комунікантів може бути поділена на дві підмножини  $CSP_{KA} = CSP_{KA_{SEND}} \cup CSP_{KA_{REC}}$  – відправники і одержувачі. В окремому випадку ці підмножини містять по одному учасникові. Тоді

$$\forall CSP_i \in CSP_{KA_{SEND}}, \forall CSP_j \in CSP_{KA_{REC}} / F_{CSP_i} \leq S_{CSP_j}.$$

У результаті функцію витрат часу на комунікації в процесі виконання роботи визначимо як суму двох доданків, що характеризують витрати часу на процеси комунікацій, що ініціюються за часом (наприклад, оперативні наради) і подією (звіти, огляди тощо):

$$\begin{aligned} Com_{T_i}(N_{T_i}, \tau_{T_i}) &= \\ &= \sum_{SMCP_j \in SMCP_{Cicle}} \left( \frac{\tau_{T_i}}{\tau_{C_j}} \sum_{KA_n \in KA_{SMCP_j}} \left( \sum_{CSP_k \in CSP_{KA_n}} (F_{CSP_k} - S_{CSP_k}) \right) \right) + (4.29) \\ &+ \sum_{SMCP_m \in SMCP_{OBJ}} \left( \sum_{KA_n \in KA_{SMCP_m}} \left( \sum_{CSP_k \in CSP_{KA_n}} (F_{CSP_k} - S_{CSP_k}) \right) \right), \end{aligned}$$

де  $SMCP_{Cicle}, SMCP_{OBJ}$  – комунікаційні процеси, що ініціюються за часом і подією відповідно;

$\tau_{C_j}$  – інтервал між періодичними комунікативними процесами.

Таке формалізоване подання комунікаційного процесу дозволить виконувати задачі оптимізації плану за ІТ-проектом з урахуванням наявності специфічних робіт (комунікацій) у загальному комплексі проектних задач, для реалізації яких необхідна одночасна участь виконавців, не обов'язково безпосередньо пов'язаних за своїми виконуваними ролями.

### **Метод визначення тривалості елементарного комунікативного акту**

Запропонована модель для розрахунку залежності трудовитрат від кількості співробітників на відміну від моделі, описаної в роботі [141] виходить з того, що нехтуя витратами на комунікації, доцільно збільшувати проектну команду, розширюючи сферу знань і компетенції фахівців.

Зобразивши комунікаційний процес у вигляді системної моделі з відомою послідовністю елементарних комунікативних актів, необхідно визначити процедуру розрахунку витрат часу на елементарний комунікативний акт:

$$T_{KA_k} = F_{CSP_k} - S_{CSP_k} \cdot \quad (4.30)$$

Розрахункова тривалість комунікативного акту  $KA_k$  залежить від обсягу й складності інформації, що передають, оскільки в ІТ-проекті, як складній системі управління об'єктами технічних, технологічних, організаційних і економічних комплексів, використовують інформацію різних видів і якісних форм прояву:

$$T_{KA_k} = \begin{cases} T_{KA_b} \frac{EE_W(KA_k)}{\sum_{m=1}^M H_{KA_b}(m, T)}, & ME_{KA_k} = \text{"Письмовий"} \\ EE_O(KA_k), & ME_{KA_k} = \text{"Мовленнєвий"} \end{cases}, \quad (4.31)$$

де  $ME_{KA_k}$  – тип комунікації;

$EE_O(KA_k)$  – експертна оцінка необхідного часу для комунікації, що реалізується мовленнєво;

$T_{KA_b}, \sum_{m=1}^M H_{KA_b}(m, T)$  – тривалість і складність письмового акту-прототипу;

$EE_W(KA_k)$  – експертна оцінка складності планованого комунікативного акту.

Розрахункова формула для визначення письмового комунікативного акту припускає доступність інформації про тривалість і складність раніше реалізованого акту-прототипу. Складність акту враховують формальною оцінкою обсягу інформації, що міститься в ньому, в основу якої покладено інформаційну міру Ю. А. Шрейдера – комбінаторну міру різноманітності загальносистемного тезауруса (запасу знань) [142]:

$$H_{CSP_k}(m, T) = \ln(n_X(T(O_m)) + n_Y(T(O_m)) + n_Z(T(O_m))), \quad (4.32)$$

де  $O_m$  – оператор перетворення тезауруса  $T = \langle X, Y, Z \rangle$ , відповідний одиничному інформаційному масиву  $m$ ;

$X, Y, Z$  – множина об'єктів-трибок, що містяться в інформаційному масиві  $\langle \text{ум'я} - \text{зміст} - \text{значення} \rangle$ , де  $X$  – предикати,  $Y$  – відносини,  $Z$  – події-вислови;

$n_X, n_Y, n_Z$  – кардинальні числа (потужності) множин.

Така міра характерна тим, що математична строгість визначення забезпечена урахуванням семантичних і прагматичних властивостей (якості) інформації у вигляді різноманітності відповідних підмножин тезауруса, а також містить формальну модель (опис) наочної області, що дозволяє одержувачеві осмислювати інформацію.

Змінення міри можна інтерпретувати як отримання змістовної інформації, при цьому визначення кількості змістовної інформації відображає прагматику інформаційного масиву (дія на тезаурус одержувача).

Процедури експертного оцінювання для визначення  $EE_W(CSP_k)$  або  $EE_O(CSP_k)$  оснований на методах експертних оцінок [151], тобто методах організації роботи з фахівцями-експертами і оброблення думок експертів, виражених у кількісній і/або якісній формі з метою підготовки інформації для ухвалення рішень особами, що приймають рішення.

## 4.2. Алгоритмічна модель комунікаційних взаємодій учасників ІТ- проекту

### Структура протоколів комунікаційної взаємодії

Розглянемо варіанти взаємодії суб'єктів комунікаційного процесу (учасників ІТ-проекту) при виконанні функціональних задач за цим

проектом. Елементарний протокол комунікаційної взаємодії (ПКВ) реалізується в процесі взаємодії ініціатора (відправника) й виконавця (одержувача) під час здійснення елементарного комунікативного акту при вирішенні елементарної функціональної задачі.

Структуру протоколів комунікаційної взаємодії будують для групи комунікаційних процесів, описаних раніше, і основою для проведення їхньої структуризації є ті властивості й характеристики комунікаційних процесів, які були виділені.

Узагальнено протокол комунікаційної взаємодії учасників ІТ-проекту можна подати у вигляді замкнутого контуру управління вирішенням функціональної задачі (ФЗ) (рис 4.3).

Ініціатор (відправник) здійснює підготовку комунікативного акту (підготовку керівного впливу) для виконавця (одержувача) функціонального завдання за проектом. Як приклад комунікативного акту – формування завдання для виконання ФЗ за ІТ-проектом.

У процесі інформаційного обміну ініціатор передає керівний вплив виконавцю, отримує підтвердження прийому і готовність виконавця. Ініціатор переходить у режим очікування відповіді. Виконавець здійснює підготовку до виконання, реалізує задачу й готує відповідь (доповіді про виконання роботи), тобто реалізує весь цикл виконання ФЗ.

У процесі наступного інформаційного обміну виконавець доповідає про результати виконання ФЗ ініціаторові і отримує дозвіл на звільнення (деініціалізацію). Ініціатор отримує доповідь про результати виконання ФЗ ІТ-проекту в процесі інформаційного обміну. Контур управління замкнуто.

Опишемо можливі протоколи комунікаційних взаємодій з використанням відповідних контурів управління.

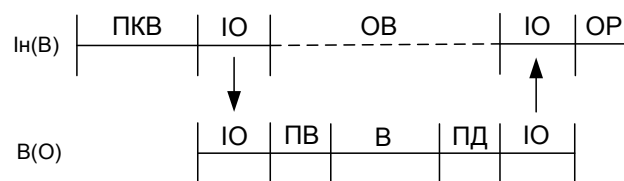


Рис. 4.3. Структура елементарного протоколу комунікаційної взаємодії ініціатора–виконавця при вертикальних низхідних комунікаціях: Ін (В) – відправник; В (О) – одержувач; ПКВ – підготовка керівного впливу (комунікативного акту); ІО – інформаційний обмін; ОВ – очікування відповіді (інформації про виконання); ПВ – підготовка виконавця до реалізації задачі, В – виконання; ПД – підготовка доповіді про виконання; ОР – оброблення результату

Для вертикальних низхідних комунікацій можлива реалізація таких контурів управління (протоколів комунікаційної взаємодії):

1. Паралельне виконання множини ФЗ (робіт за ІТ-проектом), коли

у здійсненні комунікативного акту беруть участь паралельно кілька учасників та керівний вплив є загальним для відповідних виконавців (рис. 4.4).

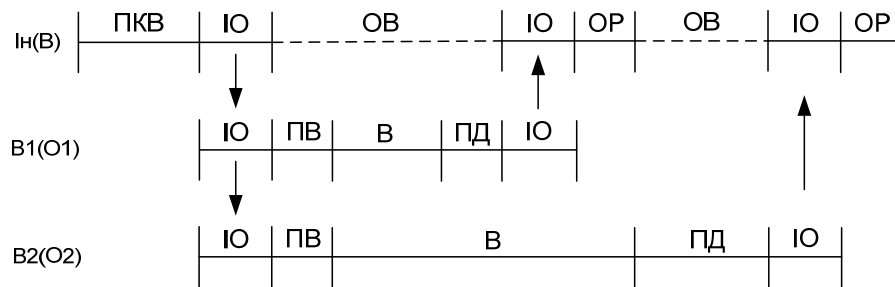


Рис. 4.4. Структура протоколу комунікаційної взаємодії відправника–одержувачів при паралельному виконанні ФЗ (робіт за ІТ-проектом)

2. Послідовне виконання множини ФЗ (робіт за ІТ-проектом) різними виконавцями під керівництвом одного ініціатора (рис. 4.5).

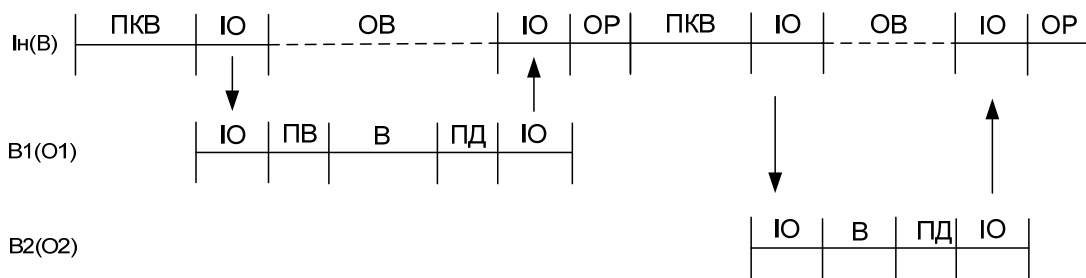


Рис. 4.5. Структура протоколу комунікаційної взаємодії відправника–одержувачів при послідовному виконанні ФЗ (робіт за ІТ-проектом)

3. Паралельно-послідовне виконання множини ФЗ (робіт за ІТ-проектом). У цьому випадку протокол комунікаційної взаємодії і відповідний контур управління мають більш складну структуру, тому що ініціатор здійснює підготовку різних керівних впливів для відповідних виконавців (рис. 4.6).

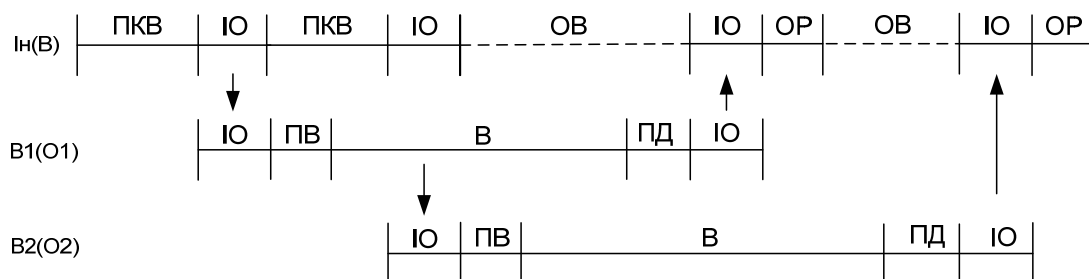


Рис. 4.6. Структура протоколу комунікаційної взаємодії відправника–одержувачів при паралельно-послідовному виконанні ФЗ (робіт за ІТ-проектом)

При вертикальних висхідних комунікаціях протокол комунікаційної взаємодії і відповідний йому контур управління в загальному випадку зображено на рис. 4.7.

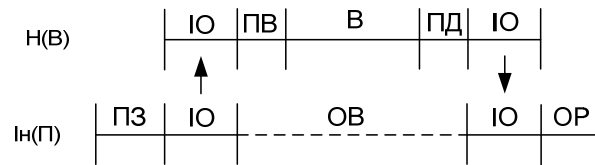


Рис. 4.7. Структура елементарного протоколу комунікаційної взаємодії ініціатора–виконавця при вертикальних висхідних комунікаціях: Ін (П) – ініціатор–підлеглий; Н (В) – начальник–виконавець; ПЗ – підготовка запиту (комунікативного акту); ІО – інформаційний обмін; ОВ – очікування відповіді (інформації про виконання); ПВ – підготовка виконавця до реалізації задачі, В – виконання; ПД – підготовка доповіді про виконання; ОР – оброблення результату

Ініціатор (підлеглий) здійснює підготовку вимоги (запиту) на управління (наприклад, зміна ситуації на ринку) для начальника (виконавця), який уповноважений вирішувати цю задачу. В процесі інформаційного обміну підлеглий передає вимогу, отримує підтвердження прийому і переходить в режим очікування відповіді (розпоряджень або наказів).

Начальник здійснює підготовку до виконання задачі, виконує задачу і готує відповідь (розпорядження або накази для підлеглого), тобто в більшості випадків реалізує весь цикл формування керівного впливу.

Для вертикальних висхідних комунікацій можлива реалізація таких контурів управління (протоколів комунікаційної взаємодії):

1. Процесу комунікації, ініційованого учасниками нижчих рівнів організаційної системи управління, коли залучено одного учасника верхнього рівня. У цьому випадку формують послідовність дій на основі протоколу, показаного на рис. 4.7. Послідовність дій з обслуговування можна формувати або в міру появи запитів, або залежно від пріоритетності протоколу комунікаційної взаємодії.

2. Процесу комунікації, ініційованого одним учасником нижчого рівня організаційної системи управління із залученням одночасно декількох учасників верхнього рівня. При цьому вимоги можна формувати, передавати і обробляти таким чином:

- паралельно. Структуру відповідного ПКВ зображено на рис. 4.8;
- послідовно. Структуру відповідного ПКВ показано на рис. 4.9;
- паралельно-послідовно. Структуру відповідного ПКВ зображено на рис. 4.10.



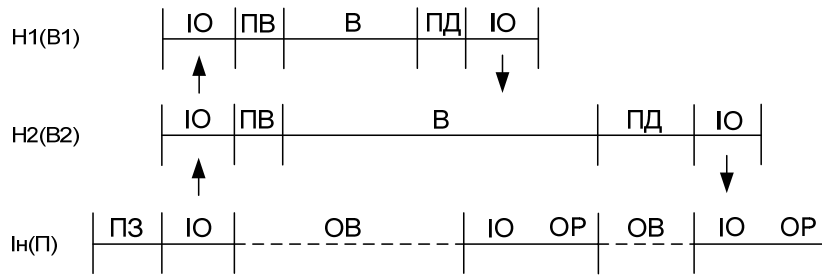


Рис. 4.8. Структура протоколу комунікаційної взаємодії ініціатора–виконавців при паралельному обробленні вимог нижнього рівня ОСУ

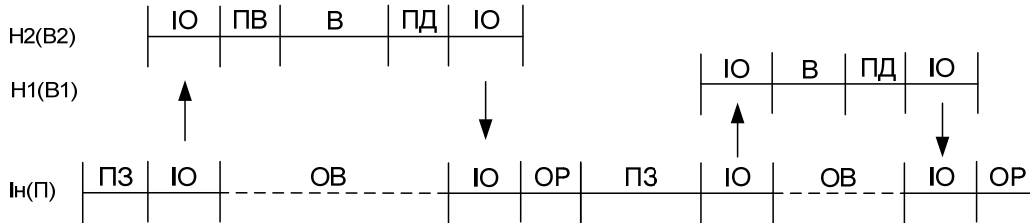


Рис. 4.9. Структура протоколу комунікаційної взаємодії ініціатора–виконавців при послідовному обробленні вимог нижнього рівня ОСУ

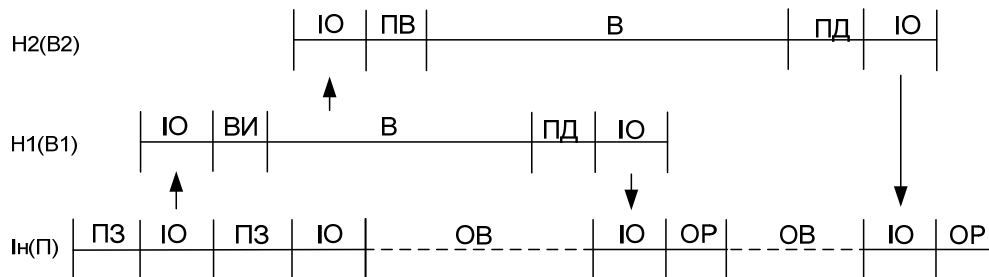


Рис. 4.10. Структура протоколу комунікаційної взаємодії ініціатора–виконавців при паралельно-послідовному обробленні вимог нижнього рівня ОСУ

При горизонтальних комунікаціях відбувається процес взаємодії учасників, що знаходяться на одному рівні організаційної системи управління (наприклад, члени однієї робочої групи). Як правило, в рамках таких взаємодій здійснюється тільки інформаційний обмін. Узагальнену структуру протоколу комунікаційної взаємодії для горизонтальних процесів комунікацій показано на рис. 4.11.

Запропоновані протоколи взаємодії не є фіксованими, в певних ситуаціях управління їх можна видозмінювати.

У багаторівневу розподілену організаційну систему управління через ряд причин, розглянутих раніше, можна вводити учасників-посередників, які реалізують функції управління в межах делегованих їм повноважень. У цьому випадку формують багаторівневі протоколи комунікаційної взаємодії (багаторівневі контури управління), один з

варіантів структури яких зображено на рис. 4.12. Структуру цього протоколу синтезовано шляхом об'єднання двох протоколів управління начальник–підлеглий. Відзначимо, що В1 (Пос) для Ін (В) є підлеглим (виконавцем), а для В2 (О) є начальником (ініціатором). Цьому вузлу делегуються повноваження з управління або за рішенням конкретної ФЗ, або за всією діяльністю вузла В2(О).

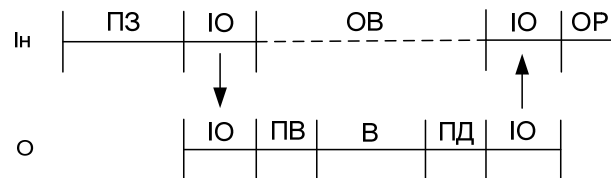


Рис. 4.11. Структура елементарного протоколу комунікаційної взаємодії ініціатора–виконавця при горизонтальних комунікаціях: Ін – ініціатор; О – одержувач; ПЗ – підготовка запиту (комунікативного акту); ІО – інформаційний обмін; ОВ – очікування відповіді (інформації про виконання); ПВ – підготовка виконавця до реалізації задачі, В – виконання; ПД – підготовка доповіді про виконання; ОР – оброблення результату

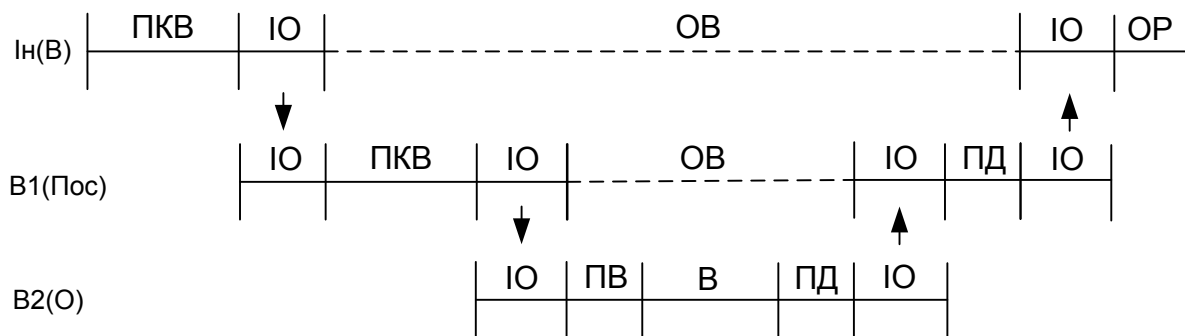


Рис. 4.12. Структура багаторівневого протоколу взаємодії начальника–підлеглого при делегуванні повноважень посереднику: Ін (В) – відправник; В1 (Пос) – посередник; В2 (О) – одержувач; ПКВ – підготовка керівного впливу (комунікативного акту); ІО – інформаційний обмін; ОВ – очікування відповіді (інформації про виконання); ПВ – підготовка виконавця до реалізації задачі, В – виконання; ПД – підготовка доповіді про виконання; ОР – оброблення результату

Розглянуті ПКВ розроблено для реалізації замкнутих контурів управління. Під час реалізації управління без зворотного зв'язку, що характерно для жорсткого директивного управління, ПКВ містять результати формування керівного впливу для їх передачі на нижні рівні.

Подання протоколів взаємодії таким чином є достатньо інформативним і може використовуватися при розробленні інтерфейсів комп'ютерної системи підтримання й прийняття управлінських рішень. Для виконання задач аналізу й синтезу організаційних систем управління ІТ-проектами та програмами

необхідно розробити алгоритмічні моделі, які дозволять здійснювати оптимізацію, перетворення й формування узагальнених протоколів управління.

### **Алгоритмічна модель процесів комунікаційної взаємодії**

Для отримання моделей процесів управління ІТ-проектами важливим питанням є вибір методів і мов формалізованого опису протоколів взаємодії елементів ОСУ ІТ-проекту.

До засобів формалізованого опису моделей ПКВ можна висунути такі основні вимоги:

- наочність в уявленні, легкість побудови моделей сучасними комп'ютерними засобами кінцевими користувачами з мінімальним рівнем спеціальної математичної підготовки;
- математична строгість і логічна стрункість;
- відсутність надмірності;
- можливість опису в одному математичному середовищі організаційних структур, алгоритмів функціонування і управління ІТ-проектами;
- наявність математичного інструментарію для проведення тотожних, рівносильних і слабо еквівалентних перетворень алгоритмів і структур.

Аналіз об'єкта дослідження показав, що моделі ПКВ в ОСУ ІТ-проектами є подійними.

Для опису алгоритмів і структур, що задовольняють вимозі наочності, можна використовувати математичний апарат теорії графів. Цей апарат має достатньо повний набір теорем, аксіом, що допомагають проводити з моделями структур ОСУ різноманітні операції й перетворення.

На основі теорії графів і теорії відносин В.І. Нечипоренко запропоновано і детально описано А.А. Денісовим структурний аналіз складних систем управління. За допомогою цього аналізу побудовано формалізований опис ОСУ, виконано їх топологічну декомпозицію, визначено такі структурно-топологічні характеристики систем, як зв'язність структури, структурна надмірність, структурна компактність, ступінь централізації в структурі управління ІТ-проектами, ранг вузлів управління, множина зчленувань і структурне сполучення елементів.

Для опису подійних процесів можна використовувати апарат регулярних схем алгоритмів (РСА), запропонований В.М. Глушковим. Мова РСА дозволяє наочно, однозначно й строго описувати дії алгоритмів, здійснювати рівносильні їх перетворення з будь-яких мов

опису в РСА, реалізовувати тотожні перетворення алгоритмів з метою їх мінімізації як за умовами, так і за операторами на основі аксіом П.М. Іванова.

Переваги РСА визначаються наявністю функціональної повноти сигнатури базових операцій для опису регулярних алгоритмів, контекстно-вільним алфавітом, математичністю й компактністю запису, наявністю аксіом тотожних і слабо еквівалентних перетворень структур алгоритмів, можливістю автоматизації перекладу на комп'ютерні алгоритми.

У загальному вигляді алгоритми в РСА можна подати так:

$$R = f(y_j, x_k, e, \emptyset, 1, 0, \overset{\cdot}{Y}, \overset{\wedge}{Y}, \overset{\vee}{Y}, \overset{*}{Y}), \quad (4.1)$$

де  $y_j$  – основні оператори, що описують дії (операції);

$x_k$  – оператори, що характеризують умови переходів за алгоритмом;

$e$  – оператор, що визначає перехід за алгоритмом без застосування основних операторів;

$\emptyset$  – порожній оператор, який може виконувати роль індикатора припинення алгоритму;

$1, 0$  – тотожно-істинні, тотожно-помилкові умови;

$\overset{\cdot}{Y}; \overset{\wedge}{Y}; \overset{\vee}{Y}; \overset{*}{Y}$  – сигнатура базових операцій РСА, що описує правила переходу за алгоритмом (множення, кон'юнкцію, диз'юнкцію, ітерацію).

Сигнатура базових операцій дозволяє адекватно подати всі можливі переходи в алгоритмах за допомогою скінченної множини операцій. РСА – контекстно-вільна мова, має системи аксіом тотожних перетворень алгоритмів; правила рівносильних перетворень алгоритмів із графічних, логічних і матричних схем алгоритмів в РСА; операції згортки й розчленування алгоритмів; будову мінімізованого узагальненого алгоритму.

При описі протоколів взаємодії в організаційних структурах управління ІТ-проектами під оператором РСА розуміють завдання з функціонування, передавання даних та управління виконавцями. При описі структурних моделей як оператор РСА використовують структурний елемент, а зв'язки між ними задають базовими операторами.

Проаналізуємо дії, які описано в протоколах комунікаційної взаємодії (див. підрозділ 4.2), і сформуємо базис основних операторів РСА для подання процесів функціонування організаційних структур управління ІТ-проектами. Результати аналізу наведено в табл. 4.1.

Таблиця 4.1

**Базис основних операторів опису протоколів комунікаційної взаємодії учасників ОСУ ІТ-проекту на мові РСА**

№ п/п	Функції управління і взаємодії учасників	Базис операторів ПКВ у РСА
1	Підготовка керівного впливу начальником (ініціатором) або вузлом-посередником для виконавця нижчого рівня	<b>CEP</b>
2	Підготовка вимоги. Виконавець нижнього рівня є ініціатором формування завдання, яке має бути виконано на верхніх рівнях	<b>PR</b>
3	Інформаційний обмін, пов'язаний з передачею інформації (управляючого впливу) у вертикальних низхідних комунікаціях. Формування і активація контура управління	<b>IE ↓<sup>op</sup></b>
4	Інформаційний обмін, пов'язаний з передачею інформації (управляючого впливу) у вертикальних висхідних комунікаціях. Формування і активація контура управління	<b>IE ↑<sup>op</sup></b>
5	Інформаційний обмін, пов'язаний з передачею результатів виконання задачі виконавцем ініціаторові у вертикальних низхідних комунікаціях із замиканням контуру управління	<b>IE ↑<sup>cl</sup></b>
6	Інформаційний обмін, пов'язаний з передачею вузлу нижнього рівня результатів виконання задач управління у вертикальних висхідних комунікаціях із замиканням контуру управління	<b>IE ↓<sup>cl</sup></b>
7	Інформаційний обмін, пов'язаний з передачею інформації між ініціатором і одержувачем в горизонтальних комунікаціях. Активація контуру управління	<b>IE →<sup>op</sup></b>
8	Інформаційний обмін, пов'язаний з передачею інформації між ініціатором і одержувачем в горизонтальних комунікаціях із замиканням контуру управління	<b>IE ←<sup>cl</sup></b>
9	Очікування відповіді (доповіді про виконання) вузлами-ініціаторами	<b>AW</b>
10	Пасивне очікування – стан учасника, коли він очікує рішення або відповіді і може вирішувати інші задачі	<b>PW</b>

№ п/п	Функції управління і взаємодії учасників	Базис операторів ПКВ у РСА
11	Активне очікування – стан учасника, коли він контролює виконання поставленої задачі і не може обслуговувати або вирішувати інші задачі	<b>ActW</b>
12	Підготовка виконавця (preparation of executor) до реалізації задачі	<b>PE</b>
13	Виконання функціональної задачі або задачі управління	<b>EXE</b>
14	Оформлення результатів виконання поставленої задачі	<b>PA</b>
15	Оброблення результату ініціаторами виконання задачі.	<b>TR</b>

Опишемо алгоритми функціонування і управління типових вузлів ОСУ в процесі вирішення ФЗ мовою РСА:

1.  $R_1$  – алгоритм дій вузла-начальника (ініціатора) при виконанні задачі підлеглими нижніх рівнів;

$$R_1 = CEP \cdot IE \downarrow^{OP} \cdot AW \cdot IE \uparrow^{cl} \cdot TR.$$

2.  $R_2$  – алгоритм, що описує дії виконавця, який отримав завдання з верхнього рівня управління;

$$R_2 = IE \downarrow^{OP} \cdot PE \cdot EXE \cdot PA \cdot IE \uparrow^{cl}.$$

Алгоритми  $R_1$  і  $R_2$  описують взаємодію вузлів начальник (ініціатор)–підлеглий виконавець.

3.  $R_3$  – алгоритм дій вузла підлеглого (ініціатора вирішення задачі на верхньому рівні);

$$R_3 = PR \cdot IE \uparrow^{OP} \cdot AW \cdot IE \downarrow^{cl} \cdot TR.$$

4.  $R_4$  – алгоритм, що описує дії начальника-виконавця завдання управління, необхідність реалізації якого було бажано з нижнього рівня;

$$R_4 = IE \uparrow^{OP} \cdot PE \cdot EXE \cdot PA \cdot IE \downarrow^{cl}.$$

5. Якщо вузол суміщає в собі всі ролі, тобто сам є і ініціатором, і виконавцем, то алгоритм його роботи подається як  $R_5$ ;

$$R_5 = PE \cdot EXE \cdot PA.$$

Слід зазначити, що в загальному випадку кожний вузол ОСУ при реалізації множини задач може виконувати різні ролі з різноманітними алгоритмами дій.

Тому перед виконанням будь-якої задачі здійснюється динамічне настроювання вузла на вирішення конкретної задачі. Для

цього необхідно побудувати узагальнену модель роботи вузла організаційної структури. Ця модель формується методом побудови мінімізованого узагальненого алгоритму для множини окремих алгоритмів управління.

Початкову множину складають алгоритми  $R_1 \dots R_5$ . Для зручності перетворень множин початкових алгоритмів замінимо ланцюжки, що однозначно повторюються, операторами спільностей першого роду:

$$\begin{aligned} X_1 &= PE \cdot EXE \cdot PA; \\ R_1 &= CEP \cdot IE \downarrow^{OP} \cdot AW \cdot IE \uparrow^{cl} \cdot TR; \\ R_2 &= IE \downarrow^{OP} \cdot X_1 \cdot IE \uparrow^{cl}; \\ R_3 &= PR \cdot IE \uparrow^{OP} \cdot AW \cdot IE \downarrow^{cl} \cdot TR; \\ R_4 &= IE \uparrow^{OP} \cdot X_1 \cdot IE \downarrow^{cl}; \\ R_5 &= X_1. \end{aligned}$$

Виділимо масив лінійних ланцюжків і операторів, що мають повторюваність (застосовність) більше одиниці (спільності другого роду) ( $RO_i$ ):

$$\begin{aligned} R_1 &:= \{IE \downarrow^{OP}; AW; IE \uparrow^{cl}; TR\}; \\ R_2 &:= \{IE \downarrow^{OP}; X_1; IE \uparrow^{cl}\}; \\ R_3 &:= \{IE \uparrow^{OP}; AW; IE \downarrow^{cl}; TR\}; \\ R_4 &:= \{IE \uparrow^{OP}; X_1; IE \downarrow^{cl}\}; \\ R_5 &:= \{X_1\}; \\ RO &= \{IE \downarrow^{OP}; AW; IE \uparrow^{cl}; TR; X_1; IE \uparrow^{OP}; IE \downarrow^{cl}\}; \\ RO_1 &= IE \downarrow^{OP}; & RO_4 &= TR; & RO_7 &= IE \downarrow^{cl}. \\ RO_2 &= AW; & RO_5 &= X_1; \\ RO_3 &= IE \uparrow^{cl}; & RO_6 &= IE \uparrow^{OP}; \end{aligned}$$

Після проведення заміни  $b_k \rightarrow RO_i$  наведені алгоритми мають вигляд

$$\begin{aligned} R_1 &= CEP \cdot RO_1 \cdot RO_2 \cdot RO_3 \cdot RO_4; \\ R_2 &= RO_1 \cdot RO_5 \cdot RO_3; \\ R_3 &= PR \cdot RO_6 \cdot RO_2 \cdot RO_7 \cdot RO_4; \\ R_4 &= RO_6 \cdot RO_5 \cdot RO_7; \\ R_5 &= RO_5. \end{aligned}$$

Узагальнений алгоритм будується шляхом застосування модифікованої згортки PCA. Згортки стовпців виразами мають такий вигляд:

$$\begin{aligned}
RS_1 &= \alpha_1 (CEP \vee_{\alpha_2} (TR \vee e)^{\alpha_2})^{\alpha_1}; \\
RS_2 &= \alpha_3 (RO_1 \vee_{\alpha_4} (RO_6 \vee e)^{\alpha_4})^{\alpha_3}; \\
RS_3 &= \alpha_5 (RO_2 \vee R_5)^{\alpha_5}; \\
RS_4 &= \alpha_6 (RO_3 \vee_{\alpha_7} (RO_7 \vee e)^{\alpha_7})^{\alpha_6}; \\
RS_5 &= \alpha_8 (RO_4 \vee e)^{\alpha_8}.
\end{aligned}$$

Узагальнений алгоритм  $R_0$  формується шляхом об'єднання згорток стовпців  $RS_i$  за допомогою операції логічного множення PCA:

$$R_0 = \prod_{i=1}^n RS_i,$$

де  $n$  – кількість згорток стовпців.

Проведемо зворотну заміну  $RS_i \rightarrow b_k \subset B$ . Узагальнений алгоритм роботи вузла ОСУ  $R_0$  у базисі основних операторів запишемо таким чином:

$$\begin{aligned}
R_0 &= \alpha_1 (CEP \vee_{\alpha_2} (TR \vee e)^{\alpha_2})^{\alpha_1} \times \alpha_3 (IE \downarrow^{OP} \vee_{\alpha_4} (IE \uparrow^{OP} \vee e)^{\alpha_4})^{\alpha_3} \times \\
&\times \alpha_5 (AW \vee PE \cdot EXE \cdot PA)^{\alpha_5} \times \alpha_6 (IE \uparrow^{cl} \vee_{\alpha_7} (IE \downarrow^{cl} \vee e)^{\alpha_7})^{\alpha_6} \times \\
&\times \alpha_8 (TR \vee e)^{\alpha_8}.
\end{aligned}$$

Значення умов переходів за узагальненим алгоритмом наведено в табл. 4.3.

Настроювання вузла ОСУ на виконання своєї ролі при реалізації задачі проведено шляхом визначення умов  $\alpha_j$ .

Таблиця 4.3

Значення умов переходів за узагальненим алгоритмом

Умови переходу за алгоритмом	Алгоритми				
	$R_1$	$R_2$	$R_3$	$R_4$	$R_5$
$\alpha_1$	1	0	0	0	0
$\alpha_2$	0*	0	1	0	0
$\alpha_3 = \alpha_6$	1	1	0	0	0
$\alpha_4 = \alpha_7$	0	0	1	1	0
$\alpha_5 = \alpha_8$	1	0	1	0	0



Опишемо змістове значення умов переходу:

$$\alpha_1 = \begin{cases} 1 - \text{якщо учасник ОСУ є відправником, який готує КВ для отримувачів} \\ \text{нижнього рівня;} \\ 0 - \text{якщо ні;} \end{cases}$$

$$\alpha_2 = \begin{cases} 1 - \text{якщо відправник вимагає виконання завдання управління} \\ \text{від отримувача з верхнього рівня);} \\ 0 - \text{якщо ні;} \end{cases}$$

$$\alpha_3 = \begin{cases} 1 - \text{якщо КВ передається на нижній рівень (з генерацією ПКВ);} \\ 0 - \text{якщо ні;} \end{cases}$$

$$\alpha_4 = \begin{cases} 1 - \text{якщо запит на виконання завдання управління} \\ \text{передається на верхній рівень ОСУ (з генерацією ПКВ);} \\ 0 - \text{якщо ні;} \end{cases}$$

$$\alpha_5 = \begin{cases} 1 - \text{якщо учасник ОСУ знаходиться в режимі очікування відповіді;} \\ 0 - \text{якщо учасник ОСУ є безпосереднім виконавцем} \\ \text{завдання функціонування або управління;} \end{cases}$$

$$\alpha_6 = \begin{cases} 1 - \text{якщо учасник отримує результати виконання завдання} \\ \text{від виконавця з нижнього рівня;} \\ 0 - \text{якщо ні;} \end{cases}$$

$$\alpha_7 = \begin{cases} 1 - \text{якщо учасник отримує результати виконання} \\ \text{завдання управління від учасника з верхнього рівня;} \\ 0 - \text{якщо ні;} \end{cases}$$

$$\alpha_8 = \begin{cases} 1 - \text{якщо оброблюються результати виконання завдання;} \\ 0 - \text{якщо ні.} \end{cases}$$

Побудова узагальненого протоколу комунікаційної взаємодії здійснюється користувачем при формуванні відповідей на чітко поставлені запитання. Відповіді на запитання можуть мати два

значення: 1 («так») і 0 («немає»). Для вирішення цієї задачі необхідно для кожного завдання сформулювати опитний лист, що відповідає вимогам однозначності.

Якщо у вузлі ОСУ об'єднано всі ролі і він самостійно вирішує задачу, то вектор значень умов матиме вигляд

$$\bar{\alpha} = (0,0,0,0,0,0,0,0).$$

Якщо ініціатором виконання задачі є начальник (вузол верхнього рівня), то

$$\bar{\alpha} = (1,0,1,0,1,1,0,1).$$

Якщо необхідно вирішувати задачу управління на верхньому рівні (ініціатор-підлеглий), то

$$\bar{\alpha} = (0,1,0,1,1,0,1,1).$$

Якщо задача виконується вузлом нижнього рівня (щодо ініціатора), то

$$\bar{\alpha} = (0,0,1,0,0,1,0,0).$$

Якщо задача вирішується на більш високому рівні ОСУ, то

$$\bar{\alpha} = (0,0,0,1,0,0,1,0).$$

Вузли, що віддали вказівки на вирішення задач, можуть знаходитися в режимах пасивного або активного очікування, тобто

$$AW = \overline{\alpha_{PO}} (PW \vee ActW)^{\overline{\alpha_{PO}}},$$

де  $\overline{\alpha_{PO}} = \begin{cases} 1 & \text{– режим пасивного очікування;} \\ 0 & \text{– режим активного очікування.} \end{cases}$

Загальну модель виконання комплексу задач ІТ-проекту створюють шляхом об'єднання окремих протоколів комунікаційної взаємодії відповідно до структури організаційного управління проектом і топології структури алгоритмічної моделі ІТ-проекту.

### 4.3. Мультиагентне моделювання організаційної системи управління ІТ-проектом

Суть мультиагентних технологій полягає у принципово новому методі вирішення задач.

На відміну від класичного способу, коли проводиться пошук деякого чітко певного (детермінованого) алгоритму, що дозволяє знайти найкраще вирішення проблеми, в мультиагентних технологіях рішення одержують автоматично в результаті взаємодії самостійних цілеспрямованих програмних модулів, так званих агентів. Агент може діяти за дорученням і на користь людині.

Взагалі існує декілька визначень поняття агента, але можна навести такі основні ознаки програмного агента:

- виконується автономно;
- взаємодіє з іншими агентами або користувачем;
- оцінює стан навколишнього середовища («віртуального світу»).

Мультиагентну систему розглядають як множини інтелектуальних агентів (програмних компонентів), розподілених в мережі у пошуках релевантних даних, знань і процедур, що кооперуються в процесі вироблення рішень. Ці технології отримали свій розвиток на стику методів штучного інтелекту, агентного підходу, теорії переговорів тощо. Їхні основні особливості – автономність агентів, індивідуальна поведінка (від простих умов до інтелекту), можливість навчання і адаптації, координація дій. Найголовніше полягає в тому, що система не моделюється або проектується, а тільки описується відповідними агентами. Глобальна поведінка і стан системи формуються як результат локальної поведінки агентів та їхньої взаємодії, аж до появи емерджентного інтелекту.

Рішення одержують шляхом здійснення сотень і тисяч взаємодій, які майже неможливо відстежити. Але це й не потрібно, оскільки перед агентами ставлять цілі, які вони мають досягати, але не визначають сценарії виконання задач щодо досягнення цих цілей. Ці сценарії формують й виконують агенти самостійно. На кожному кроці агенти розглядають входи системи й реагують на непередбачувані події (затримки, перебої, зміни). Реакція може бути самостійною або здійснюватися при взаємодії з оператором.

Очевидні переваги мультиагентного підходу – збільшення продуктивності й надійності; масштабованість і гнучкість; уніфікація розроблення системи, зниження трудомісткості й вартості.

Сфера застосування мультиагентних систем не має меж. Напрямами, що найбільш розвиваються зараз, є: електронна комерція, інтелектуальний пошук інформації, імітаційне моделювання складних систем, дистанційне навчання, логістика та багато інших.

Проблематика мультиагентних систем стосується питань створення, функціонування і управління, взаємодії агентів.

Особливості мультиагентних систем не дають можливості використовувати традиційні методи розроблення, наприклад об'єктно-орієнтовані, тому було сформовано спеціальний напрям, присвячений інженерії програмного забезпечення агентних систем. У межах цього було сформовано ряд методологій проектування, загальною ідеєю яких є використання мета-моделі для створення мультиагентної системи, що містить найбільш загальні поняття і абстракції. Крім того, було прийнято стандарти, основними з яких на сьогоднішній день є стандарти організації FIPA. Проте через різноманіття вирішуваних задач загальної методології немає, а для спрощення розроблення

можна використовувати спеціальні агентні платформи та інші системи. Ну а саме розроблення, звичайно, відбувається на одній з двох платформ, що є сьогодні, заснованих на компонентній архітектурі: це – Java і .NET.

Мультиагентна платформа – це проміжний рівень між операційною системою і агентами, на якому вирішують всі основні системні питання, визначають середовище їхнього виконання, забезпечують обмін повідомленнями, виконують завдання щодо пошуку агентів за їхніми сервісами та інше. Це дозволяє розробникові зосередитися на програмуванні поведінки агентів системи. Існує багато різних платформ, найбільш популярною і такою, що досить повно підтримує зазначені стандарти, є платформа JADE.

Центральне місце в стандартах FIPA займає протокол взаємодії агентів ACL, у межах якого розглядають різні протоколи запитів, і протокол, який дозволяє реалізувати механізм торгівлі або аукціону між агентами.

Для дослідження динаміки комунікаційних взаємодій управлінців і виконавців проекту або реалізації виробничого замовлення необхідно системно подати два основні процеси ІТ-проекту:

- виконання функціональних робіт (ФР);
- управління виконавцями ФР.

У цьому випадку досліджують логістичний зв'язок між окремими ФР як основними, так і допоміжними. У разі оптимізації графіка робіт необхідно знайти критичний шлях, який відповідає мінімуму витрат при виконанні ІТ-проекту при заданих обмеженнях.

Процес управління реалізацією ІТ-проекту потребує координації взаємодії виконавців з урахуванням їхніх ролей, відповідальності та рівнів ієрархії. Цей процес добре описують за допомогою протоколів комунікаційної взаємодії управлінців і виконавців, а також управлінців.

Під узагальненим сценарієм або протоколом комунікаційної взаємодії розумітимемо опис послідовності дій управлінця й виконавця, а також правил їхньої взаємодії в межах процесу комунікації для виконання певного завдання. Очевидно, що вид протоколу управління залежатиме від завдання, в процесі виконання якого його використовують, і від ролей вузлів. Розглянуто комунікаційні взаємодії управлінців, управлінця і виконавців і виконавців.

Виділяють такі протоколи комунікаційної взаємодії при виконанні ФР:

- ініціацію виконавця;
- загальний контроль;

- проміжний контроль;
- регулярний контроль (моніторинг).

Побудова алгоритмів взаємодії виконавців ґрунтується на результатах аналізу процедури реалізації довільного завдання та процесів комунікацій, що протікають при цьому (всі дії, що виконуються начальником і підлеглим у процесі вирішення задачі). Для отримання алгоритмів управління було проаналізовано всі варіанти взаємодії учасників ОСУ.

З урахуванням комунікаційних взаємодій процеси виконання ФР і управління ними можна реалізувати за допомогою імітаційної моделі (ІМ). Для побудови архітектури ІМ використано:

- подійне дискретне моделювання;
- мультиагентне подання окремих компонент;
- ітераційну схему дослідження з багатократним прогоном моделі.

У множині **G** основних подій моделювання виділено такі типи подій:

- початок і кінець виконання ФР;
- закріплення виконавця за ФР і його звільнення;
- реалізація протоколу управління із залученням і/або звільненням управлінця;
- формування (генерація) заявки, пов'язаної зі створенням проекту або виконанням замовлення в ОСУ.

Генерація заявок здійснюється одинично, періодично та випадково за заданим законом розподілу.

Архітектура імітаційної моделі побудована з використанням мультиагентної технології.

Застосування цього підходу дозволяє виділити різні типи учасників проекту (управлінців і виконавців), закріпити їхні ролі й повноваження, забезпечити процес ухвалення рішень у разі складних протоколів управління, уніфікувати взаємодію агентів (учасників ІТ-проекту).

Основним результатом етапу проектування є агентна модель (рис. 4.12), яка визначає сукупність агентів системи, рівень їх повноважень і можливі взаємодії.

1. **AG<sub>gen</sub>** – агент-генератор. Сценарій поведінки агента полягає у формуванні заявок, пов'язаних з новими проектами, які надходять для виконання в ОСУ.

Основними змінними для опису цього агента є:

- пріоритет виконання проекту;
- виділені кошти;
- директивні терміни.

2. **Manager<sub>Ag</sub>** – агент-менеджер. Здійснює підготовку до виконання проектних робіт. До його функцій належать:

- формування послідовності функціональних задач (робіт) проекту;
- призначення директивних термінів початку і закінчення робіт;
- визначення вимог до виконавців ;
- закріплення ресурсів для виконання робіт;
- організація процесу перепланування (створення нових задач або видалення старих, визначення нових ролей);
- створення нових агентів ресурсу.

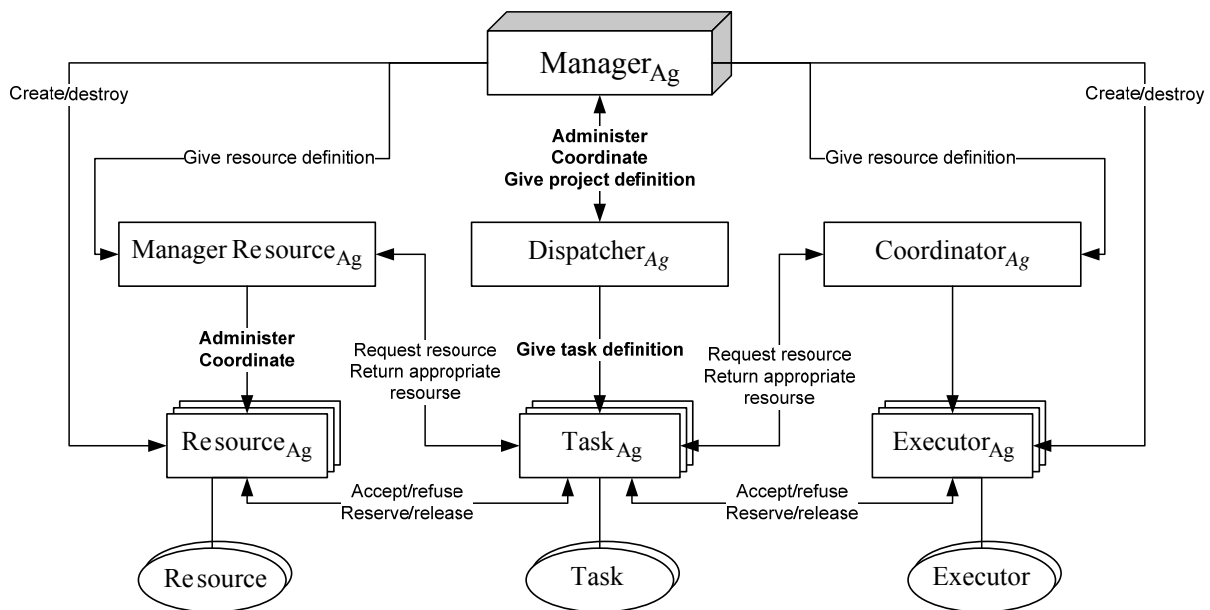


Рис. 4.12. Архітектура мультиагентної імітаційної моделі

3. **Dispatcher<sub>Ag</sub>** – агент-диспетчер здійснює загальний контроль і управління моделюванням комплексу робіт, забезпечує підтримку вирішення виникаючих конфліктів, якщо це знаходиться в його компетенції, допомагає агентам в координації дій, розподіляє привілеї, здійснює в системі планування подій, пов'язаних з виконанням задач за проектом, синхронізацію, забезпечує генерацію заявок. Загальними цілями агента-диспетчера є: мінімізація кількості використаних ресурсів, частоти перерозподілу ресурсів між завданнями і числа ресурсних конфліктів.

4. **Task<sub>Ag</sub>** – агент-задача. Основною метою даного агента є успішне виконання задач проекту (у встановлені терміни, в повному обсязі, за виділені кошти і з необхідною якістю).

Агент має ряд змінних стану:

- тип задачі (характеризується фіксованою тривалістю, постійним обсягом виконуваних робіт, подією, що ініціює виконання задачі);
- тривалість виконання задачі;
- обсяг виконуваних робіт;
- трудомісткість виконання;
- умови виконання;
- обмеження терміну виконання задачі;
- пріоритети;
- умови синхронізації;
- ресурси;
- директивні терміни.

5. **Executor<sub>Ag</sub>** – агент-виконавець. Цього агента призначають для моделювання взаємодії виконавців і менеджерів проекту при виконанні окремих задач.

При побудові мультиагентної моделі враховувалася існуюча ієрархія підпорядкованості в ОСУ. Взаємодії агентів-виконавців підтримуються завдяки процесам комунікацій, які поділено на горизонтальні й вертикальні. При цьому враховано: структуру інформаційних каналів зв'язку між вузлами ОСУ; характер і динаміку інформаційного обміну між вузлами ОСУ в процесі управління на всіх рівнях. Роль агента-виконавця в кожній комунікаційній взаємодії (ініціатора, особи, що ухвалює рішення, координатора, керівника, безпосереднього виконавця, посередника тощо) впливає на вибір відповідного сценарію поведінки і протоколу взаємодії з іншими агентами.

Наведено змінні для опису агента:

- адміністративна підпорядкованість;
- кваліфікація (можливість виконувати певне завдання);
- роль в комунікаційній взаємодії;
- виконувана задача;
- витрати часу на комунікаційні взаємодії з іншими агентами;
- черга задач на виконання;
- тривалість робочого дня;
- оклад.

6. **Manager Resource<sub>Ag</sub>** – агент управління ресурсами. Цього агента призначають для організації узгодженого доступу до наявних ресурсів. Його призначення – задоволення ресурсної потреби і мінімізація затримок виконання задач. Агент підбирає ресурси для виконання кожної задачі, контролює параметри ресурсів, розраховує витрати на їх зберігання. Кожен агент-ресурс в системі

zareєстрований і приписаний до одного з агентів управління ресурсами, загальна кількість яких може визначатися, наприклад, групуванням ресурсів за окремими ознаками.

Для агентів-виконавців таку ж роль виконує **Coordinator<sub>Ag</sub>** – агент координації виконавців.

Для розроблених агентів реалізовано мову комунікацій і транспортний рівень для передачі повідомлень. Для агентів, що координують роботу інших агентів, створено реєстр агентів **AR** (Agent register). Цей каталог містить відомості про всіх існуючих агентів, включаючи їхні описані атрибути. Наприклад, для агентів **Task<sub>Ag</sub>** задано такі атрибути: тип задачі; тривалість її виконання; обсяг робіт; їх трудомісткість; обмеження термінів виконання задачі; пріоритети; умови синхронізації; ресурси; директивні терміни і умови виконання. Для агентів **Executor<sub>Ag</sub>** це: адміністративна підлеглість; кваліфікація, роль у комунікаційній взаємодії, виконувана задача, черга задач на виконання тощо.

Усі перелічені агенти беруть активну участь у моделюванні комплексу робіт за проектом.

Дослідження комунікаційних взаємодій учасників ІТ-проекту за допомогою запропонованої мультиагентної імітаційної моделі здійснюється в два етапи:

1. Моделювання реалізації ІТ-проекту у вигляді послідовності виконання ФР. У цьому дослідженні дії управлінців не розглядаються. ФР за ІТ-проектом виконують закріплені за ними виконавці відповідно до сітьового графіка робіт. Тому відсутні втрати часу, а також витрати, пов'язані з участю управлінців. У результаті такого дослідження визначали терміни виконання ІТ-проекту і витрати на виконавців робіт.

2. Моделювання виконання робіт ІТ-проекту з урахуванням діяльності управлінців. У цьому дослідженні задаються протоколи комунікаційної взаємодії учасників ІТ-проекту (управлінців і виконавців, а також управлінців і управлінців). Моделювання виконання ФР за ІТ-проектом здійснюється за обов'язковою участю управлінців, тому збільшуються терміни й витрати на виконання ІТ-проекту.

Отримані на першому й другому етапах результати порівнюються для оцінювання впливу діяльності управлінців на терміни реалізації ІТ-проекту й витрати на нього. У разі збільшення термінів або витрат відбуваються зміни в управлінні ІТ-проектом за такими напрямками:

– вибір інших протоколів управління, менш трудомістких і витратних;



- зміна структури ОСУ при виконанні ІТ-проекту;
- зміна окремих характеристик управлінців (час і вартість управління).

У наведеній системній моделі управління ІТ-проектом з урахуванням процесів комунікацій між його учасниками на відміну від традиційних підходів використовують:

- модель комунікаційних процесів, які подають на основі рекурсивно визначених комунікативних актів і які утворюють додаткову систему обмежень на продукти, завдання, структуру команди ІТ-проекту, часовий графік його виконання;

- математично строго інформаційну міру Ю.А. Шрейдера – різноманітність загальносистемного тезауруса (запасу знань) для визначення розрахункової тривалості комунікативного акту.

Використання мови апарату регулярних схем алгоритмів дозволило в єдиному математичному середовищі спільно описати алгоритми функціонування, інформаційного обміну і управління в проектній діяльності.

### **Контрольні запитання**

1. Що таке системна модель управління ІТ-проектом?
2. Що таке протокол комунікаційної взаємодії?
3. Як будується алгоритмічна модель процесу комунікації?
4. Які існують основні переваги мультиагентного моделювання?
5. Які типи зв'язку використовують при плануванні послідовності робіт?
6. Що необхідно враховувати при побудові моделі проектної команди?
7. Які типи ресурсів використовують при виконанні ІТ-проекту?
8. Що розуміють під оптимальним розподілом ресурсів?
9. Які основні типи документів застосовують у письмових комунікаційних процесах?
10. Що таке комунікативний акт?

### **Завдання**

1. Визначіть основні елементи системної моделі для заданого ІТ-проекту.
2. Перелічіть протоколи комунікаційної взаємодії учасників заданого ІТ-проекту.

3. Побудуйте алгоритмічну модель узагальненого протоколу комунікаційної взаємодії, використавши математичний апарат регулярних схем алгоритмів.

4. Наведіть структуру системної моделі управління ІТ-проектом із зазначенням процесів, методів і ролей учасників ІТ-проекту.

5. Для кожного типу зв'язку передування опишіть особливості виконання суміжних робіт.

6. Наведіть формально запис моделі проектної команди та розкрийте зміст кожної складової моделі.

7. Графічно зобразіть модель проектної команди.

8. Наведіть формально обмеження на розподіл ресурсів при виконання ІТ-проекту.

9. Побудуйте модель протоколу комунікації.

10. Розрахуйте тривалість комунікативних актів за допомогою описаного у розділі методу.

11. Укажіть основні відмінності графічного подання послідовної та паралельно-послідовної взаємодії менеджерів і виконавців ІТ-проекту.

12. Графічно зобразіть взаємодію менеджерів і виконавців при формуванні протоколу комунікаційної взаємодії.

13. Як приклад опису графічно покажіть багаторівневу взаємодію менеджерів і виконавців.

14. Перелічіть основні оператори опису протоколів комунікаційної взаємодії учасників організаційної системи управління.

15. За допомогою РСА опишіть алгоритм взаємодії начальника (ініціатора) та виконавця (отримувача).

16. Опишіть узагальнений алгоритм роботи вузла організаційної системи управління за допомогою РСА.

17. Наведіть схему архітектури мультиагентної імітаційної моделі для дослідження комунікаційних взаємодій учасників ІТ-проекту.

## **Розділ 5. ОПТИМІЗАЦІЯ ОРГАНІЗАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ІТ-ПРОЕКТАМИ**

У розділі поставлено і вирішено задачу оптимізації планування й виконання ІТ-проекту, в якій враховано логістичні витрати, пов'язані з комунікаційними взаємодіями учасників цього проекту. Розглянуто критерії і обмеження в задачах оптимізації, локальні постановки цих задач, запропоновано метод їх вирішення, оснований на цілочисловій лінійній оптимізації. Для оцінювання множини можливих комунікаційних рішень використано теорію перерахувань. Сформульовано багатокритеріальну постановку задачі оптимізації.

## 5.1. Комплексна оптимізація ІТ-проекту з урахуванням комунікаційних взаємодій його учасників

Основною задачею, що стоїть перед керівництвом ІТ-проекту, є забезпечення його ефективності, при цьому критерії ефективності вибирають виходячи із специфіки ІТ-проекту, оперативних цілей і стратегічних пріоритетів організації. У такій загальній постановці побудова оптимального плану ІТ-проекту потребує визначення послідовності робіт, вирішення задач про призначення проектною команди й розподіл відповідальності між її учасниками, формування найбільш ефективних комунікацій між учасниками ІТ-проекту.

### Початкові допущення

При побудові оптимального проектного плану вважають відомими:

- структуру робіт ІТ-проекту;
- кількість доступних виконавців з урахуванням можливих варіантів залучення зовнішніх співвиконавців;
- інформацію про доступні ресурси й можливі способи комунікацій;
- функції, що характеризують залежність трудовитрат на комунікації від способу комунікації, кількості комунікантів, часу.

У найбільш загальній постановці задача оптимізації проектного плану містить формування складу виконавців і управлінців, а потім пошук такого їхнього призначення для виконання конкретних завдань, що належать до процесів створення  $T_{WP}$  і управління  $T_{MP}$ , з подальшим плануванням комунікацій між учасниками, що забезпечує максимізацію інтегрального показника ефективності ІТ-проекту:

$$\left\langle W, M, T_{WP} \times W, T_{MP} \times M, CP \times (W \cup M) \times (T_{WP} \cup T_{MP}) \right\rangle = \quad (5.1)$$
$$= \arg \max (EF(WP, MP, Z, R)),$$

де  $W$  – виконавці ІТ-проекту;

$M$  – команда управління проектом;

$Z$  – учасники проекту, які є зовнішніми відносно адміністративної структури розробника;

$WP$  – процеси щодо створення продукту;

$MP$  – процеси щодо управління проектом;

$CP$  – комунікативні процеси між суб'єктами управління.

Таким чином, оптимізація проектного плану – це формування складу команди, розподіл функцій (ролей) в команді і обсягів робіт,

планування процесів комунікацій (рис. 5.1) з оцінюванням ефективності прийнятого варіанта. Перелічені завдання є взаємозв'язаними, їх вирішують «циклічно». Процеси комунікацій планують при зафіксованому розподілі обсягів робіт. Планування засновано на розрахунку втрат робочого часу на вертикальні й горизонтальні комунікації як у вигляді документообігу, так і в неформальній усній формі. Документи є не тільки частиною продуктів, але й засобом періодичного контролю і управління процесом розроблення. Усні види комунікацій є засобом узгодження проектних рішень усередині проектних груп.

При розподілі функцій і обсягів робіт передбачено, що зафіксовано склад проектної команди і через підграф моделі компетенцій стали відомими оцінки готовності всіх членів команди до виконання певних ролей. Таку задачу розв'язують у безперервній постановці, вона належить до класу задач про призначення, в яких критерієм оптимальності є мінімум сумарних витрат на заробітну плату всіх членів команди.

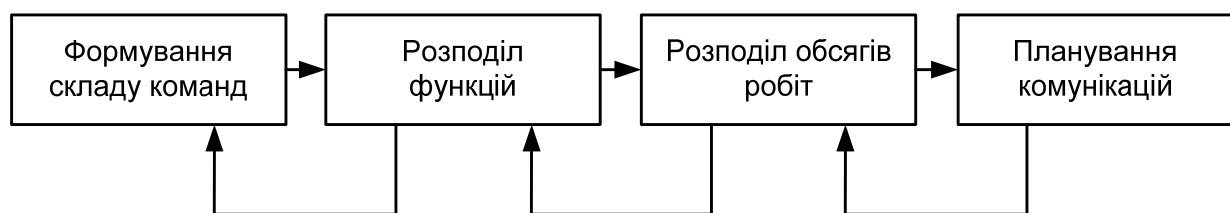


Рис. 5.1. Схема вирішення оптимізаційної задачі

Формування складу команди належить до класу «задач про ранець» дискретної оптимізації і має достатньо високу комбінаторну складність. Мета цього завдання – вибрати такий склад учасників проектної команди, щоб забезпечити максимальну ефективність процесу розроблення. До прийнятих складів команд можна додатково поставити як вимоги обов'язкового введення до неї окремих співробітників, так і заборони на сумісне залучення тих або інших людей в одну групу, оскільки саме ці обмеження дозволяють забезпечити синергетичний ефект командної роботи.

### Загальнопроектні обмеження

Твердження про те, що доступна при плануванні ІТ-проекту інформація задає систему обмежень, є справедливим. Так, структура робіт за проектом визначає обмеження на терміни початку–закінчення робіт.

Модель проектної команди через підграф адміністративної

підпорядкованості обмежує призначення співробітників на конкретні ролі в ІТ-проекті, що порушує адміністративну підлеглість в організації. Підграф-модель компетенції задає обмеження, що характеризують готовність фізичної особи до виконання певної ролі. Підграф ролевих заборон передбачає заборону на одночасне виконання двох певних ролей однією особою.

За допомогою моделі ресурсів вводять систему обмежень на інтенсивність використання ресурсів у процесі виконання робіт. Модель комунікацій, з одного боку, характеризує залежність трудовитрат на комунікації від способу комунікації, кількості комунікантів, часу виконання робіт за проектом, а з іншого боку, обумовлює додаткові взаємозв'язки учасників ІТ-проекту, яким для успішного виконання конкретних робіт слід брати участь у певних комунікативних взаємодіях.

Перелічимо додаткові загальнопроектні обмеження, які, як правило, слід виконувати при реалізації будь-якого проекту:

1. Обмеження фонду заробітної плати:

$$\sum_i \text{Cost}(T_{WP_i}) \cdot \sum_j \gamma_{T_{WP_i}, W_j} \cdot Zp_{W_j} + \sum_k \text{Cost}(T_{MP_k}) \cdot Zp_{M_j} \leq Zp_{\Sigma}, \quad (5.2)$$

де  $\text{Cost}(T_{WP_i})$  ( $\text{Cost}(T_{MP_k})$ ) – трудомісткість виконання роботи  $T_{WP_i}$  виконавцями ( $T_{MP_k}$  – менеджером);

$\gamma_{T_{WP_i}, W_j}$  – коефіцієнт, що характеризує відносний обсяг роботи, виконаної j-м виконавцем, такий, при якому

$$\forall W_j \in W, \sum_i \gamma_{T_{WP_i}, W_j} = 1;$$

$Zp_{W_j}$  ( $Zp_{M_j}$ ) – заробітна плата j-го виконавця (менеджера);

$Zp_{\Sigma}$  – гранична величина фонду заробітної плати.

2. Обмеження загальної трудомісткості робіт:

$$\sum_i \text{Cost}(T_{WP_i}) + \sum_k \text{Cost}(T_{MP_k}) \leq T_{\Sigma}, \quad (5.3)$$

де  $T_{\Sigma}$  – гранично допустима загальна трудомісткість робіт.

3. Обмеження середнього рівня зайнятості виконавців в ІТ-проекті. Можна призначити нижню  $\underline{\beta}$  і верхню  $\overline{\beta}$  межі, що характеризують середню зайнятість як виконавців, так і менеджерів:

$$\underline{\beta}_{И} \leq \frac{\sum_i \text{Cost}(T_{WP_i})}{\|W\| \cdot \tau_{T_{\Sigma}}} \leq \overline{\beta}_{И}, \quad (5.4)$$

$$\beta_M \leq \frac{\sum_i \text{Cost}(T_{MPi})}{\|M\| \cdot \tau_{T\Sigma}} \leq \overline{\beta_M}, \quad (5.5)$$

де  $\tau_{T\Sigma}$  – загальна тривалість робіт.

4. Обмеження доступності до нагромаджених ресурсів:

$$\sum_{i=1}^n \int_0^t u_i(\tau) d\tau \leq S(t), \quad (5.6)$$

де  $u_i(t)$  – необхідна кількість ресурсів для виконання завдання  $i$ ;

$n$  – кількість задач за ІТ-проектом;

$S(t)$  – доступна кількість ресурсу.

5. Обмеження доступності до ненагромаджених ресурсів:

$$\sum_{i \in P_j} u_i(t) \leq N_j(t), j = \overline{1, m}, \quad (5.7)$$

де  $u_i(t)$  – необхідна кількість ресурсу для реалізації задачі  $i$ ;

$P_j$  – кількість робіт, що виконуються з використанням ресурсів  $j$ -го виду;

$N_j(t)$  – функція наявності ресурсів  $j$ -го виду.

6. Обмеження ступеня участі  $j$ -го виконавця (менеджера) в конкретних роботах за ІТ-проектом обумовлює гранично допустимі значення відносної зайнятості будь-якої людини в проектних роботах:

$$\forall j, \beta_j \leq \sum_i \frac{\text{Cost}(T_{WPi}, W_j)}{\tau_{T\Sigma}} \leq \overline{\beta_j}. \quad (5.8)$$

7. Обмеження тимчасової участі  $j$ -го виконавця в ІТ-проекті передбачає, що може бути задано деякий період часу, протягом якого виконавець буде задіяний в ІТ-проекті:

$$\forall i, \forall j, \begin{cases} t_s \leq \min_i (\tau_{start_{i,j}}) \\ t_f \geq \max_i (\tau_{finish_{i,j}}) \end{cases}, \quad (5.9)$$

де  $\tau_{start_{i,j}}, \tau_{finish_{i,j}}$  – час початку, закінчення робіт, в яких планується участь  $j$ -го виконавця.

8. Обмеження планування робіт, яке запобігає появі дефектів у плані, коли існує робота, початок виконання якої затримується на

великий проміжок часу через неготовність незначної частки її вхідних продуктів:

$$\exists T_j \in T, \exists \Delta\tau_j \geq \Delta\tau_{\text{доп}}, \frac{\|WP_{in_i, \Delta\tau_j}\|}{\|WP_{in_i}\|} \leq \sigma_{i, \Delta\tau_j}, \quad (5.10)$$

де  $T_j$  – функціональна задача;

$\Delta\tau_{\text{доп}}$  – максимально допустимий інтервал часу очікування тих вхідних продуктів  $WP_{in_i, \Delta\tau_j}$ , які необхідні для початку  $T_j$  роботи;

$\sigma_{i, \Delta\tau_j}$  – мінімально допустима частка вхідних продуктів, які необхідні для початку  $T_j$  роботи.

9. Обмеження максимальної тривалості інтервалу часу  $\tau_{\text{freeдоп}}$ , протягом якого простій  $j$ -го виконавця (відсутність завантаження проектними роботами) вважається допустимим:

$$\forall j, \Delta\tau_j = \max_r \left( \overline{\tau_{\text{free}_{r,j}}} - \underline{\tau_{\text{free}_{r,j}}} \right) \leq \tau_{\text{freeдоп}}, \quad (5.11)$$

де  $\overline{\tau_{\text{free}_{r,j}}}$ ,  $\underline{\tau_{\text{free}_{r,j}}}$  – час закінчення, початку  $r$ -го інтервалу часу, коли  $j$ -й виконавець не бере участі в проектних роботах, тобто

$$\forall \tau_j, \overline{\tau_{\text{free}_{r,j}}} \leq \tau_j < \underline{\tau_{\text{free}_{r,j}}}, \neg \exists i, \tau_{\text{start}_{i,j}} \leq \tau_j < \tau_{\text{finish}_{i,j}}. \quad (5.12)$$

## 5.2. Багатокритеріальна задача оцінювання ефективності ІТ-проекту

Конкретизація загальної постановки оптимізаційної задачі (5.1) потребує уточнення поняття «Ефективність проекту», тобто його результативності [143].

**Ефективність проекту** – категорія, що характеризує співвідношення економічних, соціальних і науково-технічних результатів ІТ-проекту з витратами на їхнє досягнення [144].

Економічна ефективність – це результативність економічної системи, що виражається відношенням корисних кінцевих результатів її функціонування до витрачених ресурсів.

Показники ефективності – це її кількісні характеристики, які утворюють вектор окремих показників, що характеризують якість об'єкта або процесу. За допомогою критеріїв ефективності формують умови, які відображають бажану якість функціонування системи і яким мають задовольняти значення показників ефективності. Основними

класами критеріїв оцінювання ефективності є: критерії придатності (5.13), оптимальності (5.14), переваги (5.15) [145]:

$$G : \bigcap_{i=1}^m (y_{ij} \in \{y_{ij}^{\partial}\}), [j = \overline{1, n}]; \quad (5.13)$$

$$O : \bigcap_{i=1}^m (y_{ij} \in \{y_{ij}^{\partial}\}) \bigcap_{k \in \{k\}_{m_0}} (y_{kj} = y_{kj}^{opt} \in \{y_{ij}^{\partial}\}), [j = \overline{1, n}; m_0 = \overline{1, m}]; \quad (5.14)$$

$$S : \bigcap_{i=1}^m \bigcap_{j=1}^n (y_{ij} \in \{y_{ij}^{\partial}\}) \bigcap_{i=1}^m \bigcap_{j \neq L} (y_{iL} \geq y_{ij}), [L = \overline{1, n}], \quad (5.15)$$

де  $y_{ij} [i = \overline{1, m}; j = \overline{1, n}]$  – показник  $i$ -ї властивості  $j$ -го об'єкта;

$\{y_{ij}^{\partial}\}$  – множина допустимих значень показника  $y_{ij}$ ;

$y_{kj}^{opt}$  – оптимальне значення  $k$ -ї властивості  $j$ -го об'єкта;

$m_0$  – обсяг множини  $\{k\}_{m_0}$  номерів властивостей, що

оптимізуються.

У теорії ефективності будь-яку систему можна розглядати як підсистему (субсистему) в системі вищого ієрархічного рівня (суперсистемі) [146]. У зв'язку з цим розрізняють невластні (зовнішні) й власні (внутрішні) критерії ефективності. У першому випадку оцінюють вплив функціонування даної системи на ефективність суперсистеми, тобто дослідження ефективності системи відбувається в так званій "замкнутій схемі". У другому випадку систему розглядають як самостійну, а ефективність досліджують за "розімкненою" схемою.

Тільки наявність декількох показників ефективності дозволяє найбільшою мірою враховувати всі властивості системи. Таким чином, і задача оцінювання функціонування, і задача синтезу є багатокритеріальними [147].

Враховавши перелічені вище суперечливі умови, можна назвати три взаємозв'язаних напрями, що визначають ефективність реалізації ІТ-проекту:

- забезпечення високої техніко-економічної ефективності (Q) ІТ-проекту, що реалізується;
- зменшення часу (Ч) реалізації;
- зниження витрат (В) на реалізацію.

Ефективність реалізації визначає множину чинників, які можна умовно об'єднати в функціонал ефективності:

$$E = f(Q, Ч, В), \quad (5.16)$$



при певних обмеженнях вихідного ефекту, витрат і часу реалізації ІТ-проекту.

**Витрати за ІТ-проектом** – це комплексний показник. Вони містять необхідні ресурси й вартість.

Вихідний ефект від реалізації ІТ-проекту може бути зовнішнім і внутрішнім.

Зовнішній ефект – це економічна вигода від реалізації проекту. Його ще прийнято називати економічною або комерційною ефективністю проекту.

При оцінюванні комерційної ефективності ІТ-проектів пропонують використовувати такі характеристики [148]:

- чистий дохід (Net Value – NV);
- чистий дисконтований дохід (Net Present Value – NPV);
- внутрішню норму прибутковості (Internal Rate of Return – IRR);
- індекси прибутковості витрат і інвестицій;
- дисконтований термін окупності (Payback Period – PP).

На практиці при оцінюванні ефективності ІТ-проектів як цільові показники зазвичай беруть або чистий дисконтований дохід, або внутрішню норму прибутковості, а період окупності є додатковим обмеженням.

Наведені показники дозволяють оцінити ІТ-проект з погляду його фінансової складової і ніяк не враховують інших критеріїв ефективності, які б відображали досягнення стратегічних цілей організації [149], що реалізовує такий проект, корисність проекту для його безпосередніх учасників і сторін, опосередковано пов'язаних з його реалізацією.

Внутрішній вихідний ефект розглянемо з позицій:

- споживача ІТ-проекту – якість вихідного продукту, його функціональність;
- розробника – створені допоміжні засоби розроблення, придбані досвід і кваліфікація учасників, напрацьовані технічні рішення.

Очевидно, що кількісний вираз для визначення критерію Е формальними засобами отримати утруднено через відсутність у цій області відповідної статистичної інформації. В той же час для оцінювання Е можна застосовувати методи, основані на методології експертних оцінок. Кількісну оцінку зводять до розрахунку деякого узагальненого показника, що є функцією окремих показників, наприклад:

- середньозваженого арифметичного

$$Q = \sum_{i=1}^n m_i(Q) \cdot H_i; \quad (5.17)$$

- середньозваженого геометричного

$$V = \prod_{i=1}^n H_i^{m_i(V)}; \quad (5.18)$$

- середньозваженого квадратичного

$$S = \sqrt{\left(\sum m_i(S) \cdot H_i^2\right)}, \quad (5.19)$$

де  $m_i(S), m_i(Q), m_i(V)$  – коефіцієнти вагомості  $i$ -го приватного показника  $H_i$ .

Для оцінювання коефіцієнтів вагомості  $m_i$  використовують метод експертних оцінок:

$$m_i = \frac{\sum_{t=1}^W B_t \cdot y_{it}}{\sum_{t=1}^W B_t \cdot \sum_{i=1}^n y_{it}}, \quad t = \overline{1, W}, \quad (5.20)$$

де  $W$  – кількість експертів;

$B_{it}$  – показник значущості думки  $t$ -го експерта;

$y_{it}$  – ранг  $i$ -го окремого показника, призначеного  $t$ -м експертом.

Таким чином, передбачається, що ефективність залежить від вихідного ефекту, витрат і часу на реалізацію Т-проекту, а його конкретне подання визначається експертним оцінюванням.

### 5.3. Обґрунтування організаційної системи управління на основі вирішення локальних оптимізаційних задач

Згідно зі стандартом PMI в критичному трикутнику час-ціна-якість поліпшення одного показника неминуче призводить до погіршення інших. Завданням планування ІТ-проекту є розрахунок можливих сценаріїв його реалізації і знаходження оптимального поєднання в цьому трикутнику в умовах невизначеності, причина якої – зміни, ініційовані учасниками ІТ-проекту, та зміни, викликані реалізацією ризиків.

Знаходження оптимуму ІТ-проекту ускладнюється тим, що сам результат проекту не визначено або визначено обмежено, тому вірогідність змін в ньому дуже висока. Відповідно, економічний ефект від реалізації ІТ-проекту визначити заздалегідь не є можливим. Окрім цього, часто не зазначено саму можливість досягнення результату за допомогою наявних ресурсів. У ситуації, коли невизначеними є три параметри з трьох, традиційне планування ІТ-проекту втрачає всякий сенс. При виконанні ІТ-проектів слід говорити про деяку вірогідність

досягнення результатів стосовно термінів, цін і якості. У цьому підрозділі розв'язуємо задачі оптимізації окремих складових плану управління ІТ-проектами.

### Оптимізація організаційної системи управління ІТ-проектом

Ефективність планування ІТ-проекту і управління ним залежать від організаційної системи управління (ОСУ), до складу якої входять менеджери проекту (МП) різних рівнів управління й виконавці функціональних задач. Закріплення менеджерів за виконавцями можна здійснювати різними способами з урахуванням критеріїв ефективності, що задають.

Для формування оптимізаційної задачі введемо булеву змінну  $x_{ji} \in \{1, 0\}$ , для якої  $x_{ji} = 1$  означає, що  $j$ -й МП ( $j = \overline{1, m}$ , де  $m$  – кількість менеджерів, виділених для управління ІТ-проектом) керує колективом виконавців, кількість яких  $i \in \{1, 2, \dots, n_j\}$ , де  $n_j$  – максимально можлива кількість виконавців, яких можна залучати для реалізації  $j$ -ї функціональної задачі за ІТ-проектом;  $x_{ji} = 0$  – інакше. При цьому на  $x_{ji}$  накладаються такі обмеження:

$$\sum_{i=1}^{n_j} x_{ji} = 1, \quad (5.21)$$

що означає вибір і закріплення за  $j$ -м МП одного і лише одного колективу виконавців в кількості  $i$ ;

$$\sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^{n_j} x_{ji} = m, \quad (5.22)$$

що означає: при будь-якому закріпленні менеджерів за виконавцями мають бути залучені всі менеджери ІТ-проекту.

Як критерії і обмеження, використовувані для оптимізації, є:

**T** – сумарний час, витрачений менеджерами на керування і контроль виконавців ІТ-проекту;

**C** – фінансові витрати, пов'язані з керуванням і контролем виконавців ІТ-проекту;

**Q** – якість виконання ІТ-проекту, яка залежить від кількості виконавців, закріплених за МП. Вважатимемо, що збільшення кількості виконавців, закріплених за МП, призводить до погіршення контролю, а значить, і якості виконуваних робіт за проектом.

Для вирішення оптимізаційної задачі закріплення колективів виконавців за МП в ОСУ введемо такі складові основних критеріїв ефективності ІТ-проекту (час, вартість, якість):

–  $t_i$  – час, витрачений МП на управління і контроль колективу у складі  $i$  виконавців,  $i \in \{1, 2, \dots, n_j\}$ ;

–  $c_i$  – фінансові витрати, пов'язані з управлінням і контролем колективу з  $i$  виконавців ІТ-проекту;

–  $q_i$  – якість виконання функціональних робіт ІТ-проекту за умови участі в цій роботі колективу з  $i$  виконавців, якими керує один МП.

Тоді з урахуванням булевої змінної  $x_{ji}$  критерії ефективності ІТ-проекту і обмеження матимуть такий вигляд:

1. Сумарний час, витрачений МП на управління та контроль виконавців:

$$T = \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^{n_j} x_{ji} t_i, \quad T \leq \hat{T}, \quad (5.23)$$

де  $\hat{T}$  – допустиме значення часу.

2. Фінансові витрати, пов'язані з управлінням всіма колективами виконавців ІТ-проекту, закріплених за менеджерами:

$$C = \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^{n_j} x_{ji} c_i, \quad C \leq \hat{C}, \quad (5.24)$$

де  $\hat{C}$  – допустимі фінансові витрати.

3. Якість виконання всіх функціональних робіт за ІТ-проектом колективами виконавців, закріплених за менеджерами:

$$Q = \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^{n_j} x_{ji} q_i, \quad Q \geq \hat{Q}, \quad (5.25)$$

де  $\hat{Q}$  – допустимий рівень якості проекту.

Сформулюємо такі постановки оптимізаційної задачі закріплення виконавців за МП в ОСУ ІТ-проектом:

1. Необхідно мінімізувати час, витрачений МП на управління виконавцями проекту:

$$\min T, \quad T = \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^{n_j} x_{ji} t_i \quad (5.26)$$

за умови виконання обмежень (5.24), (5.25):

$$C = \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^{n_j} x_{ji} c_i, \quad C \leq \hat{C},$$

$$Q = \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^{n_j} x_{ji} q_i, \quad Q \geq \hat{Q}.$$

2. Необхідно мінімізувати фінансові витрати, пов'язані з управлінням менеджерами колективів виконавців проекту:

$$\min C, \quad C = \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^{n_j} x_{ji} c_i \quad (5.27)$$

за умови виконання обмежень (5.23), (5.25):

$$T = \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^{n_j} x_{ji} t_i, \quad T \leq \hat{T};$$

$$Q = \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^{n_j} x_{ji} q_i, \quad Q \geq \hat{Q}.$$

3. Необхідно максимізувати якість виконання робіт за проектом з урахуванням раціонального складу колективів виконавців і їх закріплення за МП:

$$\max Q, \quad Q = \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^{n_j} x_{ji} q_i \quad (5.28)$$

за умови виконання обмежень (5.23), (5.24):

$$T = \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^{n_j} x_{ji} t_i, \quad T \leq \hat{T},$$

$$C = \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^{n_j} x_{ji} c_i, \quad C \leq \hat{C}.$$

4. Багатокритеріальна постановка оптимізаційного завдання закріплення виконавців за МП в ОСУ ІТ-проектном.

На першому етапі необхідно перевести задані критерії в безрозмірну шкалу (від 0 до 1) з урахуванням проведеної оптимізації:

$$T^* = \min T, \quad C^* = \min C, \quad Q^* = \max Q;$$

$$T' = \frac{T - T^*}{\hat{T} - T^*}, \quad C' = \frac{C - C^*}{\hat{C} - C^*}, \quad Q' = \frac{Q^* - Q}{Q^* - \hat{Q}}. \quad (5.29)$$

На другому етапі сформуємо комплексний критерій для оцінювання закріплення виконавців за МП у вигляді суми

пронормованих критеріїв з урахуванням їх важливості. Оцінити важливість критеріїв можна за допомогою вагових коефіцієнтів  $\alpha_C, \alpha_T, \alpha_Q$ , значення яких оцінюють експерти:

$$0 \leq \alpha_T \leq 1, 0 \leq \alpha_C \leq 1, 0 \leq \alpha_Q \leq 1, \sum_{k=1}^3 \alpha_k = 1. \quad (5.30)$$

Тоді комплексний критерій для оцінювання складу і раціонального закріплення виконавців за менеджерами ІТ-проекту можна навести у вигляді

$$\begin{aligned} R &= \alpha_T T' + \alpha_C C' + \alpha_Q Q' = \alpha_T \frac{T - T^*}{\hat{T} - T^*} + \alpha_C \frac{C - C^*}{\hat{C} - C^*} + \alpha_Q \frac{Q^* - Q}{Q^* - \hat{Q}} = \\ &= \frac{\alpha_T}{\hat{T} - T^*} \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^{n_j} x_{ji} t_i + \frac{\alpha_C}{\hat{C} - C^*} \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^{n_j} x_{ji} c_i - \frac{\alpha_Q}{Q^* - \hat{Q}} \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^{n_j} x_{ji} q_i - \\ &- \alpha_T \frac{T^*}{\hat{T} - T^*} - \alpha_C \frac{C^*}{\hat{C} - C^*} + \alpha_Q \frac{Q^*}{Q^* - \hat{Q}}. \end{aligned} \quad (5.31)$$

Необхідно мінімізувати  $R$  з урахуванням виконання обмежень (5.21) – (5.25):

$$\begin{aligned} T &= \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^{n_j} x_{ji} t_i, \quad C = \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^{n_j} x_{ji} c_i, \quad Q = \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^{n_j} x_{ji} q_i; \\ T &\leq \hat{T}, \quad C \leq \hat{C}, \quad Q \geq \hat{Q}, \quad \sum_{i=1}^{n_j} x_{ji} = 1, \quad \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^{n_j} x_{ji} = m. \end{aligned}$$

Ускладнимо оптимізацію ОСУ. Для цього враховуватимемо не тільки витрати на управління персоналом ОСУ, але й витрати, пов'язані з реалізацією виконавцями функціональних задач ІТ-проекту. Для цього введемо такі оцінки витрат, які обумовлені виконавцями ІТ-проекту:

- $t_{ji}$  – час виконання  $j$ -ї функціональної задачі ІТ-проекту  $i$ -ми виконавцями;
- $c_{ji}$  – фінансові витрати на реалізацію  $j$ -ї функціональної задачі  $i$ -ми виконавцями;
- $q_{ji}$  – якість виконання  $j$ -ї функціональної задачі за умови участі  $i$ -х виконавців.

Тоді критерії ефективності і обмеження в оптимізаційній задачі закріплення виконавців за МП в ОСУ ІТ-проектом будуть мати такий вигляд:

$$T = \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^{n_j} x_{ji}(t_i + t_{ji}), T \leq \hat{T}, \quad (5.32)$$

$$C = \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^{n_j} x_{ji}(c_i + c_{ji}), C \leq \hat{C}, \quad (5.33)$$

$$Q = \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^{n_j} x_{ji}(q_i + q_{ji}), Q \geq \hat{Q}. \quad (5.34)$$

Постановка задачі оптимізації ОСУ шляхом вибору раціонального закріплення виконавців за МП з урахуванням витрат як на виконавців, так і на менеджерів ІТ-проекту, будуть такими:

1. Необхідно мінімізувати час реалізації проекту:

$$\min T, T = \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^{n_j} x_{ji}(t_i + t_{ji}) \quad (5.35)$$

за умови виконання обмежень (5.33) и (5.34):

$$C = \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^{n_j} x_{ji}(c_i + c_{ji}), C \leq \hat{C};$$

$$Q = \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^{n_j} x_{ji}(q_i + q_{ji}), Q \geq \hat{Q}.$$

2. Необхідно мінімізувати витрати, пов'язані з роботою менеджерів і виконавців проекту:

$$\min C, C = \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^{n_j} x_{ji}(c_i + c_{ji}) \quad (5.36)$$

за умови виконання обмежень (5.32) и (5.34):

$$T = \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^{n_j} x_{ji}(t_i + t_{ji}), T \leq \hat{T},$$

$$Q = \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^{n_j} x_{ji}(q_i + q_{ji}), Q \geq \hat{Q}.$$

3. Необхідно максимізувати якість виконання ІТ-проекту з урахуванням роботи всієї команди проекту (виконавців і менеджерів):

$$\max Q, Q = \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^{n_j} x_{ji}(q_i + q_{ji}) \quad (5.37)$$

за умови виконання обмежень (5.32) и (5.33):

$$T = \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^{n_j} x_{ji}(t_i + t_{ji}), T \leq \hat{T},$$

$$C = \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^{n_j} x_{ji}(c_i + c_{ji}), C \leq \hat{C}.$$

4. Багатокритеріальна постановка задачі оптимізації ОСУ ІТ-проекту.

Комплексний критерій оптимізації буде мати такий вигляд:

$$R = \alpha_T T' + \alpha_C C' + \alpha_Q Q' = \alpha_T \frac{T - T^*}{\hat{T} - T^*} + \alpha_C \frac{C - C^*}{\hat{C} - C^*} + \alpha_Q \frac{Q^* - Q}{Q^* - \hat{Q}} =$$

$$= \frac{\alpha_T}{\hat{T} - T^*} \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^{n_j} x_{ji}(t_i + t_{ji}) + \frac{\alpha_C}{\hat{C} - C^*} \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^{n_j} x_{ji}(c_i + c_{ji}) - \quad (5.38)$$

$$- \frac{\alpha_Q}{Q^* - \hat{Q}} \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^{n_j} x_{ji}(q_i + q_{ji}) - \alpha_T \frac{T^*}{\hat{T} - T^*} - \alpha_C \frac{C^*}{\hat{C} - C^*} + \alpha_Q \frac{Q^*}{Q^* - \hat{Q}}.$$

Необхідно мінімізувати  $K$  з урахуванням виконання обмежень (5.32) – (5.34):

$$T = \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^{n_j} x_{ji}(t_i + t_{ji}), T \leq \hat{T}, C = \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^{n_j} x_{ji}(c_i + c_{ji}), C \leq \hat{C},$$

$$Q = \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^{n_j} x_{ji}(q_i + q_{ji}), Q \geq \hat{Q}, \sum_{i=1}^{n_j} x_{ji} = 1, \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^{n_j} x_{ji} = m.$$

Тут  $T^*, C^*, Q^*$  – екстремальні значення критеріїв  $T, C, Q$ ,  $\alpha_T, \alpha_C, \alpha_Q$  – вагові коефіцієнти,  $0 \leq \alpha_T \leq 1$ ,  $0 \leq \alpha_C \leq 1$ ,  $0 \leq \alpha_Q \leq 1$ ,

$$\sum_{k=1}^3 \alpha_k = 1.$$

Запропонований підхід доцільно використовувати на етапі попереднього планування ІТ-проекту, коли необхідно виділити менеджерів в організаційній системі управління проектом, визначити склад виконавців і закріпити їх за менеджерами так, щоб забезпечити максимальну ефективність виконання проекту з урахуванням часу і вартості робіт, витрачених на управління виконавцями та їх контроль, а також якості функціональних робіт за проектом.



## Аналіз і формування комунікаційних рішень в організаційних системах управління

Для ефективного виконання планів виробничої й проектної діяльності необхідно проаналізувати і обґрунтувати схему комунікаційних взаємодій менеджерів і виконавців в існуючій організаційній системі управління. Це пов'язано із закріпленням виконавців за менеджерами, що обумовлює множину можливих комунікаційних рішень. Формування цієї множини, оцінювання й порівняння варіантів між собою пов'язано з вибором найбільш ефективної взаємодії менеджерів і виконавців.

У сучасних організаційних системах управління велику увагу приділяють комунікаційним схемам взаємодій МП і ВП (виконавцям проекту). Враховуючи, що таких схем може бути досить багато, що залежить від складності виконуваного ними замовлення або проектного завдання, необхідно їх перелічити й проаналізувати, що зводиться до використання методів комбінаторики і теорії перерахувань.

Розіб'ємо розв'язання даної задачі на два етапи:

1. Кількісне оцінювання множини можливих комунікаційних схем взаємодій МП і ВП.

2. Формальне формування комунікаційних схем взаємодій ВП і МП.

Скористаємося теоретико-множинним поданням для формування комунікаційних схем взаємодій ВП і МП.

Введемо дві основні множини:

- виконавці проекту –  $E$ ,  $|E| = n$ .
- менеджери проекту –  $P$ ,  $|P| = m$ .

Одна множина відображається в іншу. У нашому випадку множина  $E$  відображається в множину  $P$ , що приводить до закріплення ВП за МП. Для підрахування кількості можливих закріплень ВП за МП використовуватимемо основні теореми теорії перерахувань Пойа і де Брейна [130, 131], за допомогою яких можна перерахувати варіанти підстановок із застосуванням теорії груп.

**Теорема 1. (Пойа).** Перерахування класів еквівалентності (еквівалентність у цьому випадку означає однаковість варіантів закріплень ВП за МП):

$$\sum_F W(F) = Z(G; \sum_{r \in P} \omega(r), \sum_{r \in P} [\omega(r)]^2, \sum_{r \in P} [\omega(r)]^3, \dots), \quad (5.39)$$

де  $F$  – клас еквівалентності, індукований групою  $G$ , що діє на множині  $E$ ;  $Z(G)$  – цикловий індекс групи  $G$ ;  $\omega(r)$  – «вага» елемента  $r \in P$ .

Зокрема, якщо ваги вибрані такими, що дорівнюють одиниці, то можна визначити число класів еквівалентності:

$$N = Z(G; |P|; |P|, |P|, \dots). \quad (5.40)$$

**Теорема 2. (В. де Брейна).** Число класів еквівалентності однозначних відображень множини  $E$  в  $P$ :

$$\left[ \begin{array}{c} Z(G; \frac{\partial}{\partial Z_1}, \frac{\partial}{\partial Z_2}, \dots) \\ Z(H, 1 + Z_1, 1 + 2Z_2, \dots) \end{array} \right]_{Z_1=Z_2=\dots=0}. \quad (5.41)$$

Тут  $Z(G)$  – диференціальний оператор, що діє на оператор  $Z(H, \dots)$  за умови  $Z_1 = Z_2 = \dots = 0$ ;  $Z(H)$  – цикловий індекс групи  $H$ , що діє на множині  $P$ .

**Теорема 3 (В. де Брейна).** Якщо виконуються умови теореми 2 і якщо, крім того,  $|E| = |P|$ , тобто відображення взаємно однозначні, то число класів еквівалентності:

$$\left[ Z(G; \frac{\partial}{\partial Z_1}, \frac{\partial}{\partial Z_2}, \dots) Z(H, Z_1, 2Z_2, \dots) \right]_{Z_1=Z_2=\dots=0}. \quad (5.42)$$

**Теорема 4 (В. де Брейна).** Загальне число класів еквівалентності (еквівалентність індукується групами підстановок  $G$  і  $H$  множин  $E$  і  $P$  відповідно):

$$\left[ \begin{array}{c} Z(G; \frac{\partial}{\partial Z_1}, \frac{\partial}{\partial Z_2}, \dots) \\ Z(H; e^{Z_1+Z_2+\dots}, e^{2(Z_2+Z_4+\dots)}, \dots) \end{array} \right]_{Z_1=Z_2=\dots=0}$$

або

$$|H|^{-1} \sum Z(G; \dots, \sum_{j/i} j C_j, \dots), \quad (5.43)$$

де  $\{C_1, C_2, \dots\}$  – тип елемента  $h \in H$ .

Розглянемо дві постановки задачі перерахування варіантів відображень множини  $E$  в множину  $P$ , що найбільш часто зустрічаються на практиці (закріплення ВП за МП).

1. Важливість функціональних задач, що розв'язують виконавці ІТ-проекту, є однаковою. В цьому випадку  $m$  виконавців проекту реалізують однакові за важливістю для цього проекту задачі. Необхідно виконавців поділити на групи та закріпити за менеджерами.

Кількість поділень і закріплень якраз і буде предметом дослідження, оскільки кожне поділення й закріплення приводить до нової комунікаційної схеми взаємодії ВП і МП. Через однакову важливість задач ІТ-проекту, які реалізують виконавці, є можливою будь-яка їх перестановка в початковій множині  $E$ . Таких перестановок існує  $n!$ , тому на початковій множині виконавців задач проекту діє симетрична група  $S_n$ . Множину виконавців задач відобразимо в множину МП. Оскільки на першому етапі є важливим тільки склад задач без урахування порядку зв'язків між ними, то на множині МП, яка раніше позначена як  $P, |P| = m$ , також діє симетрична група  $S_m$ . Максимально можливе число МП буде у випадку  $n = m$  (це означає, що для кожного виконавця виділено одного менеджера).

Необхідно оцінити множину варіантів закріплення ВП за МП. Це завдання є еквівалентним завданню поділення числа  $n$  на не більш ніж  $m$  частин. Тоді число варіантів закріплення ВП за МП

$$K = |H|^{-1} \sum_{h \in H} Z \left( G; \dots, \sum_{i/j} j C_j, \dots \right) = \frac{1}{m!} \sum_{h \in S_m} Z(S_n; \dots, \sum_{i/j} j C_j, \dots).$$

Визначимо кількість варіантів закріплень ВП за МП з урахуванням умови  $m \leq n$ . Дія симетричної групи  $S_n$  на множині  $E$  приводить до того, що цікавимося тільки кількістю виконавців ІТ-проекту. Тому відображення  $E$  в  $P$  можна замінити відображенням  $P$  у множину  $Q = \{1, 2, \dots\}$  з обмеженням

$$\sum_{k \in Q} Y_k = n,$$

де  $Y_k$  показує, яку кількість виконавців контролює  $k$ -й менеджер ІТ-проекту (не менше одного)  $Y_k = \{1, 2, \dots\}$ .

Додамо елементам множини  $Q$  ваги  $\omega^1, \omega^2, \omega^3, \dots$  і шукатимемо класи еквівалентності з вагою  $\omega^n$ , використовуючи формулу (5.39):

$$Z(S_m; \omega + \omega^2 + \omega^3 + \dots, \omega^2 + \omega^4 + \omega^6 + \dots, \dots). \quad (5.44)$$

Необхідно знайти коефіцієнт  $\omega^n$  у степеневому поданні  $Z(S_m; \dots)$ .

2. Важливість функціональних задач, що розв'язують виконавці ІТ-проекту, є різною. Тоді множина  $E$  складається з різних типів важливості задач, які реалізують виконавці ІТ-проекту.

Існує  $\mu$  типів важливості задач ІТ-проекту,  $\mu = \overline{1, I}$ . Загальне число задач відповідає  $|E| = n$  і становить  $n = \sum_{\mu} E_{\mu}$ , де  $E_{\mu}$  – кількість задач  $\mu$ -го типу важливості.

Тоді на початковій множині задач ІТ-проекту діє сума груп

$$G = E_1 + E_2 + \dots + E_I, \quad (5.45)$$

на множині МП – симетрична група  $S_m$ , як і у попередньому випадку.

Необхідно оцінити множину варіантів закріплення ВП за МП з урахуванням важливості задач ІТ-проекту. Використавши (5.43), отримаємо:

$$\begin{aligned} K &= |H|^{-1} \sum_{h \in H} z \left( G; \dots, \sum_{i/j} j C_j, \dots \right) = \\ &= \frac{1}{m!} \sum_{h \in S_m} z(S_{E_1} + S_{E_2} + \dots + S_{E_I}; \dots, \sum_{i/j} j C_j, \dots). \end{aligned} \quad (5.46)$$

За цією формулою можна знайти кількість варіантів закріплень ВП за МП, в яких бере участь  $m$  і менше менеджерів (аж до одного).

Визначимо кількість можливих варіантів для заданої (фіксованої) кількості МП, виділених для управління ІТ-проектом,  $r \leq n$ . За допомогою формули (5.46) перераховуємо варіанти закріплень ВП за МП, починаючи з  $r$  менеджерів і закінчуючи одним МП. Якщо залучити  $r - 1$  МП, то для виконання проекту підрахуємо кількість їх варіантів для  $r - 1, r - 2, \dots, 1$ . Для визначення кількості варіантів закріплень ВП за МП при заданій кількості МП, виділених для управління ІТ-проектом, необхідно знайти різницю:

$$\begin{aligned} K &= K_r - K_{r-1} = \frac{1}{r!} \sum_{h \in S_r} z(S_{E_1} + S_{E_2} + \dots + S_{E_I}; \dots, \sum_{j/i} j C_j, \dots) - \\ &= \frac{1}{(r-1)!} \sum_{h \in S_{r-1}} z(S_{E_1} + S_{E_2} + \dots + S_{E_I}; \dots, \sum_{j/i} j C_j, \dots). \end{aligned} \quad (5.47)$$

Перейдемо до формального методу формування комунікаційних схем взаємодій (закріплень) ВП за МП.

Нехай виконавці виконують однакові за важливістю задачі  $|E| = n$ . Введемо цілочислові змінні  $x_j$ , що відображають кількість МП, за якими закріплено однакове число виконавців проекту (це число відповідає індексу  $j$ ). Тоді, враховуючи, що

$$n = \sum_j jx_j, \quad (5.48)$$

і використовуючи метод перебору, можна отримати всі варіанти закріплень ВП за МП, кількість яких підрахована на першому етапі. Якщо кількість МП, виділених для виконання ІТ-проекту, має не перевищувати значення  $r$ , то додається обмеження

$$\sum_j x_j \leq r. \quad (5.49)$$

Якщо ж кількість виділених МП строго фіксовано, то запишемо обмеження:

$$\sum_j x_j = r. \quad (5.50)$$

Для отримання всіх варіантів закріплень ВП за МП перебиратимемо значення змінних  $x_j$ , добиваючись виконання умов (5.48), (5.49) або (5.48) (5.50). Для скорочення числа перебраних варіантів закріплень ВП за МП вибиратимемо значення  $x_n \in \{0, 1\}$ ,  $x_{n-1} \in \{0, 1, 2\}$ , ...,  $x_1 \in \{0, 1, 2, \dots, n\}$ .

Крім того, як тільки досягнемо підрахованої на першому етапі кількості варіантів закріплень ВП за МП, перебирання значень  $x_j$  закінчимо. У випадку різних за важливістю типів задач ІТ-проекту введемо цілочислову змінну  $x_{\mu i}$ , яка указує на кількість ВП  $\mu$ -го типу важливості задач,  $\mu = \overline{1, I}$ , які закріплено за  $i$ -м МП. При формуванні варіантів закріплень ВП за МП необхідно виконати такі обмеження:

$$\sum_i x_{\mu i} = P_\mu; \quad (5.51)$$

$$\sum_\mu P_\mu = n; \quad (5.52)$$

$$\sum_i S_i = m, \quad (5.53),$$

де  $P_\mu$  – кількість задач  $\mu$ -го типу важливості;

$S_i$  – кількість ВП, закріплених за  $i$ -м МП.

Задаючи значення змінних  $x_{\mu i}$ , які вибирають з множини  $\{0, 1, 2, \dots, P_\mu\}$ , з урахуванням обмежень (5.51) – (5.53) можна отримати всі варіанти закріплень ВП за МП.

Розглянутий підхід доцільно використовувати на стадії планування виконання ІТ-проекту, коли необхідно формувати організаційну структуру проекту і закріплювати виконавців за

виділеними менеджерами, що приводить надалі до побудови комунікаційних схем рішень (канали зв'язку, протоколи комунікаційних взаємодій, тощо).

### **Вибір інформаційних каналів зв'язку для організації комунікаційних взаємодій виконавців ІТ-проекту**

Вибір комунікаційної взаємодії учасників ІТ-проекту залежить від цілого ряду чинників. До основних чинників можна зарахувати обсяг інформації, що передається, напрям і спосіб обміну інформацією. Враховуючи, що часто виконавці складного ІТ-проекту можуть бути достатньо віддалені один від одного, висувають вимоги до тривалості часу передачі великих обсягів інформації, надійності каналів зв'язку з урахуванням допустимих витрат на утворення структури інформаційного зв'язку.

Планування комунікацій припускає розроблення інформаційно-технічної моделі, яка дозволяє відобразити комунікаційні зв'язки між учасниками ІТ-проекту, їхні інформаційні потреби, а також спосіб обміну інформацією.

Істотний вплив на структуру комунікаційних взаємодій має структура робіт проекту. Розглянемо два типи моделей виконання проекту: каскадну й сітьову [132].

Коли використовують каскадну модель виконання проекту, функціональні задачі (ФЗ) проекту (етапи) надходять одне за одним, утворюючи послідовний ланцюг.

Припустимо, що шляхом попереднього аналізу майбутнього ІТ-проекту визначено за допомогою керівника і менеджерів обсяги інформації, що передається, для виконання функціональних задач за проектом, де  $V_i$  – обсяг вхідної інформації для виконання  $i$ -ї ФЗ,  $i = \overline{1, N}$ ,  $N$  – кількість ФЗ ІТ-проекту.

Проведено попереднє оцінювання множини можливих типів інформаційних каналів зв'язку (ІКЗ) для організації інформаційних обмінів в комунікаційних взаємодіях виконавців і визначено:

–  $p_j$  – швидкість передачі інформації ІКЗ  $j$ -го типу,  $j = \overline{1, M}$ ,  $M$  – загальна кількість можливих типів ІКЗ;

–  $\lambda_{ij}$  – інтенсивність відмов ІКЗ  $j$ -го типу при передачі інформації для виконання  $i$ -ї ФЗ;

–  $\frac{V_i}{p_j} = t_{ij}$  – час передачі інформації ІКЗ  $j$ -го типу для виконання  $i$ -ї ФЗ;

–  $c_{ij}$  – вартість ІКЗ  $j$ -го типу, використовуваного при передачі інформації для виконання  $i$ -ї ФЗ (враховується віддаленість виконавців ІТ-проекту).

Необхідно шляхом розв'язання оптимізаційної задачі вибрати склад ІКЗ, при якому забезпечується одержання найкращих значень для таких критеріїв, використовуваних для оцінювання комунікаційних взаємодій виконавців ІТ-проекту :

- $C$  – вартість побудови ІКЗ;
- $T$  – сумарний час передачі інформації для виконання всіх ФЗ ІТ-проекту ;
- $P$  – надійність каналів передавання інформації.

Для розв'язання оптимізаційної задачі щодо вибору каналів зв'язку для передачі інформації при комунікаційній взаємодії виконавців ІТ-проекту скористаємося математичним методом лінійного цілочислового програмування.

Введемо булеву змінну  $x_{ij} = \{1, 0\}$ , де  $x_{ij} = 1$  означає, що для виконання  $i$ -ї ФЗ вхідна інформація надходить вибраним каналом зв'язку  $j$ -го типу,  $i = \overline{1, N}$ ,  $j = \overline{1, M}$ ; інакше  $x_{ij} = 0$ .

Обов'язковою умовою є виконання рівності  $\sum_j x_{ij} = 1$  для всіх  $i = \overline{1, N}$ .

З урахуванням введеної булевої змінної  $x_{ij}$  сформуємо основні критерії для розв'язання оптимізаційної задачі:

1.  $C = \sum_i \sum_j x_{ij} c_{ij}$  – вартість побудови каналів зв'язку;
2.  $T = \sum_i \sum_j x_{ij} t_{ij}$  – сумарний час передачі інформації для виконання всіх ФЗ ІТ-проекту.

3.  $P = e^{-(\lambda t)_\Sigma} = e^{-\sum_i \sum_j x_{ij} \lambda_{ij} t_{ij}}$  – надійність каналів передавання інформації, які поєднують учасників ІТ-проекту.

Під надійністю каналу зв'язку розумітимемо вірогідність його безвідмовної роботи. Надалі використовуватимемо лінеаризовану оцінку вірогідності безвідмовної роботи каналів зв'язку  $P$  у вигляді  $(\lambda t)_\Sigma = \sum_i \sum_j x_{ij} \lambda_{ij} t_{ij}$ .

Обмеження, що накладаються на значення використовуваних критеріїв, будуть такими:

1.  $\hat{C}$  – допустима вартість побудови каналів зв'язку,  $C \leq \hat{C}$ ;
2.  $\hat{T}$  – допустимий сумарний час передачі інформації для виконання всіх ФЗ ІТ-проекту,  $T \leq \hat{T}$ .
3.  $(\hat{\lambda}t)_{\Sigma}$  – граничне значення надійності використовуваних каналів передавання інформації,  $(\lambda t)_{\Sigma} \leq (\hat{\lambda}t)_{\Sigma}$ .

Розглянемо основні постановки оптимізаційної задачі щодо вибору каналів зв'язку для передачі інформації при комунікаційних взаємодіях виконавців ФЗ ІТ-проекту, а це є:

1. Мінімізація витрат на побудову ІКЗ для організації комунікаційних взаємодій виконавців ІТ-проекту:

$$\min C$$

з виконанням обмежень

$$T \leq \hat{T}, (\lambda t)_{\Sigma} \leq (\hat{\lambda}t)_{\Sigma}.$$

З урахуванням введених булевих змінних  $x_{ij}$  отримаємо

$$\min C, C = \sum_i \sum_j x_{ij} c_{ij}. \quad (5.54)$$

Обмеженнями є

$$\sum_i \sum_j x_{ij} t_{ij} \leq \hat{T}; \quad (5.55)$$

$$\sum_i \sum_j x_{ij} \lambda_{ij} t_{ij} \leq (\hat{\lambda}t)_{\Sigma}. \quad (5.56)$$

2. Мінімізація сумарного часу обміну інформацією в комунікаційних взаємодіях виконавців ІТ-проекту:

$$\min T$$

з урахуванням обмежень

$$C \leq \hat{C}, (\lambda t)_{\Sigma} \leq (\hat{\lambda}t)_{\Sigma}.$$

Використавши введені булеві змінні  $x_{ij}$ , отримаємо:

$$\min T, T = \sum_i \sum_j x_{ij} t_{ij}.$$

Обмеженнями є

$$\sum_i \sum_j x_{ij} c_{ij} \leq \hat{C}; \quad (5.57)$$

$$\sum_i \sum_j x_{ij} \lambda_{ij} t_{ij} \leq (\hat{\lambda}t)_{\Sigma}.$$

3. Максимізація надійності ІКЗ для обміну інформацією в комунікаційних взаємодіях виконавців ІТ-проекту:

$$\min(\lambda t)_{\Sigma}$$



з виконанням обмежень

$$C \leq \hat{C}, T \leq \hat{T}.$$

З урахуванням введених булевих змінних  $x_{ij}$  отримаємо

$$\min(\lambda t)_{\Sigma}, (\lambda t)_{\Sigma} = \sum_i \sum_j x_{ij} \lambda_{ij} t_{ij}.$$

Обмеженнями є

$$\sum_i \sum_j x_{ij} c_{ij} \leq \hat{C}, \sum_i \sum_j x_{ij} t_{ij} \leq \hat{T}.$$

4. Багатокритеріальна постановка оптимізаційної задачі вибору ІКЗ для обміну інформацією між виконавцями ІТ-проекту при їх комунікаційних взаємодіях.

Заздалегідь переведемо критерії в безрозмірну шкалу. Отримаємо:

$$C' = \frac{C}{\hat{C}}, T' = \frac{T}{\hat{T}}, (\lambda t)'_{\Sigma} = \frac{(\lambda t)_{\Sigma}}{(\hat{\lambda} t)_{\Sigma}}.$$

Припустимо, що за допомогою експертного оцінювання визначено важливість  $\alpha_C, \alpha_T, \alpha_P$  окремих критеріїв (вартості, часу, надійності).

При цьому  $0 \leq \alpha_C \leq 1, 0 \leq \alpha_T \leq 1, 0 \leq \alpha_P \leq 1$ , а також дотримується умова  $\sum_{k=1}^3 \alpha_k = 1$ .

Введемо комплексний критерій для вибору і обґрунтування ІКЗ при комунікаційних взаємодіях виконавців ІТ-проекту у вигляді

$$K = \alpha_C C' + \alpha_T T' + \alpha_P (\lambda t)'_{\Sigma}. \quad (5.58)$$

Необхідно знайти  $\min K$ , коли

$$C' = \frac{C}{\hat{C}} \sum_i \sum_j x_{ij} c_{ij}, T' = \frac{T}{\hat{T}} \sum_i \sum_j x_{ij} t_{ij}, (\lambda t)'_{\Sigma} = \frac{(\lambda t)_{\Sigma}}{(\hat{\lambda} t)_{\Sigma}} \sum_i \sum_j x_{ij} \lambda_{ij} t_{ij},$$

з урахуванням обмежень вартості, часу і надійності каналів:

$$C \leq \hat{C}, T \leq \hat{T}, (\lambda t)_{\Sigma} \leq (\hat{\lambda} t)_{\Sigma}.$$

Розглянемо завдання вибору і обґрунтування ІКЗ в сітьовій моделі виконання ІТ-проекту.

Вважатимемо, що для виконання  $j$ -ї ФЗ необхідно передати інформацію від тих  $i$ -х ФЗ, які пов'язані за входом з  $j$ -ю ФЗ. Цей взаємозв'язок можна подати за допомогою матриці входів  $INP$ , у якій на перетині  $i$ -го рядка і  $j$ -го стовпця знаходиться 1 або 0, що вказує

на зв'язок  $i$ -го виходу з  $j$ -м входом,  $i \neq j$ ,  $i, j = \overline{1, N}$ , де  $N$  – кількість ФЗ для виконання ІТ-проекту.

Таким чином, матриця  $INP$  указує на зв'язки за входом  $j$ -ї ФЗ з рештою ФЗ.

Нехай у результаті попереднього аналізу плану виконання ІТ-проекту і оцінок експертів визначено:

–  $V_{ij}$  – обсяг вхідної інформації, необхідної для виконання  $j$ -ї ФЗ за результатом  $i$ -ї ФЗ;

–  $p_{ijk}$  – швидкість передачі інформації від  $i$ -ї ФЗ до  $j$ -ї ФЗ, якщо вибрано ІКЗ  $k$ -го типу,  $k = \overline{1, M}$ ;

–  $t_{ijk} = \frac{V_{ij}}{p_{ijk}}$  – час передачі інформації від  $i$ -ї ФЗ до  $j$ -ї ФЗ, якщо вибрано ІКЗ  $k$ -го типу;

–  $c_{ijk}$  – вартість ІКЗ  $k$ -го типу, що сполучає вхід  $j$ -ї ФЗ з виходом  $i$ -ї ФЗ;

–  $\lambda_{ijk}$  – інтенсивність відмов ІКЗ  $k$ -го типу, що поєднує вихід  $i$ -ї ФЗ зі входом  $j$ -ї ФЗ.

Введемо булеву змінну  $x_{ijk} \in \{1, 0\}$ , де  $x_{ijk} = 1$ , коли є зв'язок між виходом  $i$ -ї ФЗ й входом  $j$ -ї ФЗ, і для передачі інформації вибрано ІКЗ  $k$ -го типу; інакше  $x_{ijk} = 0$ . Очевидно, що  $\sum_k x_{ijk} = 1$ . Це

означає, що для інформаційної взаємодії  $i$ -ї й  $j$ -ї ФЗ вибрано ІКЗ  $k$ -го типу, і в матриці  $INP$  на перетині  $i$ -го рядка та  $j$ -го стовпця знаходиться 1.

З урахуванням введеної булевої змінної  $x_{ijk}$  сформуємо основні критерії для розв'язання оптимізаційної задачі.

$$1. \mathbf{C} = \sum_i \sum_j \sum_k x_{ijk} c_{ijk} \text{ – вартість побудови ІКЗ;}$$

2.  $T = \sum_i \sum_j \sum_k x_{ijk} t_{ijk}$  – сумарний час передачі інформації для виконання всіх ФЗ ІТ-проекту;

3.  $(\lambda t)_\Sigma = \sum_i \sum_j \sum_k x_{ijk} \lambda_{ijk} t_{ijk}$  – надійність каналів передачі інформації, які поєднують виконавців ІТ-проекту.

Врахувавши можливість паралельного обміну інформацією в сітвовій моделі виконання ІТ-проекту між окремими ФЗ, відзначимо,

що оцінки надійності каналів та обмінів інформацією за часом є песимістичними (гіршими).

Оптимізаційна задача вибору і обґрунтування каналів зв'язку є можливою в постановках, наведених нижче.

1. Необхідно мінімізувати витрати, пов'язані із створенням сітьової структури ІКЗ для організації комунікаційних обмінів учасників ІТ-проекту з урахуванням обмежень часу обміну й надійності інформаційних каналів передавання інформації:

$$\min C, C = \sum_i \sum_j \sum_k x_{ijk} c_{ijk}; \quad (5.59)$$

$$T = \sum_i \sum_j \sum_k x_{ijk} t_{ijk}, T \leq \hat{T}; \quad (5.60)$$

$$(\lambda t)_\Sigma = \sum_i \sum_j \sum_k x_{ijk} \lambda_{ijk} t_{ijk}, (\lambda t)_\Sigma \leq (\hat{\lambda t})_\Sigma. \quad (5.61)$$

2. Необхідно мінімізувати сумарний час інформаційних обмінів між виконавцями ФЗ ІТ-проекту з урахуванням обмежень вартості й надійності каналів передачі інформації:

$$\min T, T = \sum_i \sum_j \sum_k x_{ijk} t_{ijk}; \quad (5.62)$$

$$C = \sum_i \sum_j \sum_k x_{ijk} c_{ijk}, C \leq \hat{C}; \quad (5.63)$$

$$(\lambda t)_\Sigma = \sum_i \sum_j \sum_k x_{ijk} \lambda_{ijk} t_{ijk}, (\lambda t)_\Sigma \leq (\hat{\lambda t})_\Sigma.$$

3. Необхідно максимізувати надійність ІКЗ для організації інформаційних обмінів між учасниками ІТ-проекту з урахуванням обмежень вартості інформаційних каналів і часу, витраченого на обмін інформацією:

$$\min(\lambda t)_\Sigma, (\lambda t)_\Sigma = \sum_i \sum_j \sum_k x_{ijk} \lambda_{ijk} t_{ijk}; \quad (5.64)$$

$$C = \sum_i \sum_j \sum_k x_{ijk} c_{ijk}, C \leq \hat{C};$$

$$T = \sum_i \sum_j \sum_k x_{ijk} t_{ijk}, T \leq \hat{T}.$$

4. Багатокритеріальна постановка оптимізаційної задачі вибору ІКЗ в сітьовій моделі виконання ІТ-проекту.

Заздалегідь переведемо критерії і обмеження в безрозмірну шкалу. Для цього скористаємося тим, що знайдено екстремальні значення всіх критеріїв –  $C^*, T^*, (\lambda t)_\Sigma^*$ :

$$\mathbf{C}' = \frac{\mathbf{C} - \mathbf{C}^*}{\hat{\mathbf{C}} - \mathbf{C}^*}, \mathbf{T}' = \frac{\mathbf{T} - \mathbf{T}^*}{\hat{\mathbf{T}} - \mathbf{T}^*}, (\lambda t)'_{\Sigma} = \frac{(\lambda t)_{\Sigma} - (\lambda t)^*_{\Sigma}}{(\hat{\lambda} t)_{\Sigma} - (\lambda t)^*_{\Sigma}}.$$

Відзначимо, що  $\mathbf{C}' = \mathbf{0}$  при  $\mathbf{C} = \mathbf{C}^*$ ,  $\mathbf{T}' = \mathbf{0}$  при  $\mathbf{T} = \mathbf{T}^*$ ,  $(\lambda t)'_{\Sigma} = \mathbf{0}$  при  $(\lambda t)_{\Sigma} = (\lambda t)^*_{\Sigma}$ .

Нехай за допомогою експертів оцінено важливість основних критеріїв для вибору ІКЗ з обміну інформацією між учасниками ІТ-проекту і одержання значень  $\alpha_C, \alpha_T, \alpha_{(\lambda t)_{\Sigma}}$ . При цьому

$$0 \leq \alpha_C \leq 1, 0 \leq \alpha_T \leq 1; 0 \leq \alpha_{(\lambda t)_{\Sigma}} \leq 1, \sum_{e=1}^E \alpha_e = 1.$$

Введемо комплексний критерій, який використовуватимемо для оптимізації і вибору ІКЗ в сітвовій моделі виконання ІТ-проекту:

$$\mathbf{K} = \alpha_C \mathbf{C}' + \alpha_T \mathbf{T}' + \alpha_{(\lambda t)_{\Sigma}} (\lambda t)'_{\Sigma}. \quad (5.65)$$

Необхідно знайти  $\min \mathbf{K}$ , де з урахуванням обмежень вартості, часу та надійності каналів

$$\begin{aligned} \mathbf{K} &= \frac{\alpha_C}{\hat{\mathbf{C}} - \mathbf{C}^*} \sum_i \sum_j \sum_k x_{ijk} \mathbf{c}_{ijk} + \frac{\alpha_T}{\hat{\mathbf{T}} - \mathbf{T}^*} \sum_i \sum_j \sum_k x_{ijk} \mathbf{t}_{ijk} + \\ &+ \frac{\alpha_{(\lambda t)_{\Sigma}}}{(\hat{\lambda} t)_{\Sigma} - (\lambda t)^*_{\Sigma}} \sum_i \sum_j \sum_k x_{ijk} \lambda_{ijk} \mathbf{t}_{ijk} - \alpha_C \frac{\mathbf{C}^*}{\hat{\mathbf{C}} - \mathbf{C}^*} - \\ &- \alpha_T \frac{\mathbf{T}^*}{\hat{\mathbf{T}} - \mathbf{T}^*} - \alpha_{(\lambda t)_{\Sigma}} \frac{(\lambda t)^*_{\Sigma}}{(\hat{\lambda} t)_{\Sigma} - (\lambda t)^*_{\Sigma}}; \\ \mathbf{C} &= \sum_i \sum_j \sum_k x_{ijk} \mathbf{c}_{ijk}; \mathbf{C} \leq \hat{\mathbf{C}}; \mathbf{T} = \sum_i \sum_j \sum_k x_{ijk} \mathbf{t}_{ijk}; \mathbf{T} \leq \hat{\mathbf{T}}; \\ (\lambda t)_{\Sigma} &= \sum_i \sum_j \sum_k x_{ijk} \lambda_{ijk} \mathbf{t}_{ijk}, (\lambda t)_{\Sigma} \leq (\hat{\lambda} t)_{\Sigma}. \end{aligned} \quad (5.66)$$

Для розв'язання запропонованих в роботі оптимізаційних задач, наведених за допомогою методу цілочислового лінійного програмування з булевими змінними, можна скористатися одним із способів, описаних в роботі [133].

Розглянутий підхід доцільно використовувати на початкових етапах планування ІТ-проекту, коли необхідно обґрунтувати і вибрати структуру інформаційних каналів зв'язку, яка забезпечить ефективні комунікаційні взаємодії учасників проекту з урахуванням часу обміну інформацією, вартості і надійності каналів зв'язку.

## **Завдання оптимізації комунікаційних процесів в організаційних системах управління ІТ-проектами**

Успішність виконання ІТ-проекту пов'язано з раціональними діями менеджерів. Важливою задачею залишається планування процесів комунікацій, а також організація взаємодії учасників команди (менеджерів і виконавців функціональних задач), адже саме завдяки процесам комунікацій досягається контроль і управління реалізацією ІТ-проекту.

Важливим результатом виконання цієї задачі є побудова раціональної організаційної системи управління, тобто структури, що найповніше відповідає призначенню організації, що реалізує ІТ-проект, і робить її функціонування максимально ефективним.

На принципи побудови організаційних систем управління впливає багато чинників, а саме: розмір організації; специфіка ІТ-проектів, які вона реалізує; структура документообігу; обмеження щодо можливостей передавання й перероблення інформації в системі управління.

Враховуючи важливість і складність окремих функціональних задач ІТ-проекту, команді слід зосереджувати увагу на тих задачах, які можуть істотно вплинути на якість і терміни реалізації проекту.

Нехай для виконання будь-якої функціональної задачі (ФЗ) ІТ-проекту необхідно створити управлінське «обрамлення», яке можна подати у вигляді протоколу комунікаційної взаємодії (ПКВ) менеджера проекту (МП) і виконавця функціональних задач (ВФЗ) проекту в ОСУ.

Можливими є такі ПКВ для управління і контролю виконання окремих ФЗ виконавцями:

1. Ініціація виконавця для реалізації ФЗ відповідно до плану-графіка окремих робіт за ІТ-проектом. Передбачається, що виконавець після ініціації МП виконуватиме завдання самостійно і якісно без подальшого впливу МП.

2. МП ініціює виконавця до реалізації ФЗ і після закінчення роботи здійснює контроль.

3. МП ініціює виконавця до реалізації ФЗ, здійснює проміжний і остаточний контроль.

4. МП ініціює виконавця до реалізації ФЗ, здійснює постійний моніторинг, аж до тотального контролю і остаточно контролює виконання ФЗ.

Можливу кількість протоколів можна збільшувати, враховуючи різні схеми менеджменту, які використовують для управління ІТ-проектами [6].

Вибір ПКВ для реалізації окремої ФЗ залежить від важливості цієї задачі, а також від відповідальності і компетенції її виконавців.

При плануванні ІТ-проекту необхідно заздалегідь оцінити можливі управлінські «обрамлення» і оптимізувати комунікаційні взаємодії МП і ВФЗ шляхом раціонального вибору ПКВ для кожної ФЗ з метою мінімізації логістичних витрат.

Введемо такі критерії, пов'язані з оптимізацією вибору ПКВ при виконанні ФЗ ІТ-проекту:

1. **C** – вартість реалізації управлінського «обрамлення» для всіх ФЗ проекту. Вартість формується у вигляді суми витрат на реалізацію ПКВ для окремих ФЗ;

2. **T** – час, витрачений на всі комунікаційні взаємодії МП і ВФЗ у процесі виконання проекту;

3. **Q** – якість виконання ІТ-проекту. Вважатимемо, що ця величина формується у вигляді суми якостей реалізації окремих ФЗ проекту.

Заздалегідь експерти спільно з керівником ІТ-проекту мають оцінити вплив управлінського «обрамлення» на якість виконання окремих ФЗ проекту у вибраній кількісній або якісній шкалі.

Для розв'язання задачі оптимізації комунікаційних взаємодій МП і ВФЗ скористаємося методом цілочислового лінійного програмування. Введемо булеву змінну  $x_{ik} = \{1, 0\}$ , де  $x_{ik} = 1$  означає, що для виконання  $i$ -ї ФЗ вибрано  $k$ -й тип ПКВ,  $i = \overline{1, N}$ ;  $k = \overline{1, M}$ ;  $N$  – кількість ФЗ ІТ-проекту;  $M$  – загальна кількість можливих типів ПКВ; інакше  $x_{ik} = 0$ . Обов'язковою умовою є виконання рівності  $\sum_k x_{ik} = 1$  для всіх  $i = \overline{1, N}$ . Тоді критерії в даній

оптимізаційній задачі виглядатимуть таким чином:

1. Вартість реалізації ПКВ при виконанні ФЗ за ІТ-проектом:

$$C = \sum_i \sum_k x_{ik} c_{ik}, \quad (5.67)$$

де  $c_{ik}$  – вартість  $k$ -го типу ПКВ, вибраного для виконання  $i$ -ї ФЗ;

2. Сумарний час, витрачений на комунікаційні взаємодії МП і ВФЗ ІТ-проекту:

$$T = \sum_i \sum_k x_{ik} t_{ik}, \quad (5.68)$$

де  $t_{ik}$  – час реалізації  $k$ -го типу ПКВ, вибраного для виконання  $i$ -ї ФЗ;

3. Якість виконання ІТ-проекту, яка пов'язана з ефективною взаємодією МП і ВФЗ:

$$Q = \sum_i \sum_k x_{ik} q_{ik}, \quad (5.69)$$

де  $q_{ik}$  – якість реалізації  $i$ -ї ФЗ з урахуванням  $k$ -го типу ПКВ.

Сформулюємо основні постановки задачі оптимізації комунікаційних взаємодій МП і ВФЗ при реалізації ІТ-проекту:

1. Необхідно мінімізувати вартість комунікаційних взаємодій МП і ВФЗ при роботі над ІТ-проектом:

$$\min C, \quad C = \sum_i \sum_k x_{ik} c_{ik} \quad (5.70)$$

з урахуванням обмежень (5.68), (5.69):

$$T \leq \hat{T}, \quad T = \sum_i \sum_k x_{ik} t_{ik};$$

$$Q \geq \hat{Q}, \quad Q = \sum_i \sum_k x_{ik} q_{ik},$$

де  $\hat{T}$  – обмеження часу на реалізацію комунікаційних взаємодій при виконанні проекту;

$\hat{Q}$  – обмеження щодо якості виконаних задач за ІТ-проектом з урахуванням комунікаційних взаємодій.

2. Необхідно мінімізувати сумарний час комунікаційних взаємодій МП і ВФЗ при виконанні ІТ-проекту:

$$\min T, \quad T = \sum_i \sum_k x_{ik} t_{ik} \quad (5.71)$$

з урахуванням обмежень (5.67), (5.69):

$$C \leq \hat{C}, \quad C = \sum_i \sum_k x_{ik} c_{ik};$$

$$Q \geq \hat{Q}, \quad Q = \sum_i \sum_k x_{ik} q_{ik},$$

де  $\hat{C}$  – обмеження вартості комунікаційних взаємодій;

$\hat{Q}$  – обмеження щодо якості виконаних задач за ІТ-проектом з урахуванням комунікаційних взаємодій.

3. Необхідно підвищити якість виконання ІТ-проекту шляхом оптимізації комунікаційних взаємодій МП і ВФЗ:

$$\max Q, \quad Q = \sum_i \sum_k x_{ik} q_{ik} \quad (5.72)$$

з урахуванням обмежень (5.68), (5.69):

$$T \leq \hat{T}, \quad T = \sum_i \sum_k x_{ik} t_{ik};$$

$$C \leq \hat{C}, \quad C = \sum_i \sum_k x_{ik} c_{ik},$$

де  $\hat{T}$  – обмеження часу на реалізацію комунікаційних взаємодій;

$\hat{C}$  – обмеження вартості комунікаційних взаємодій.

4. Багатокритеріальна постановка задачі оптимізації комунікаційних взаємодій МП і ВФЗ при реалізації ІТ-проекту.

Заздалегідь переведемо критерії і обмеження в безрозмірну шкалу. Для цього скористаємося знайденими екстремальними значеннями всіх критеріїв  $C^*, T^*, Q^*$ :

$$C' = \frac{C - C^*}{\hat{C} - C^*}; T' = \frac{T - T^*}{\hat{T} - T^*}; Q' = \frac{Q^* - Q}{Q^* - \hat{Q}}. \quad (5.73)$$

Відзначимо, що  $C' = 0$  при  $C = C^*$ ,  $T' = 0$  при  $T = T^*$ ,  $Q' = 0$  при  $Q = Q^*$ .

Таким чином, при розв'язанні багатокритеріальної задачі необхідно здійснити мінімізацію  $C', T', Q'$ .

Нехай шляхом опиту керівників ІТ-проекту і на основі оцінок експертів одержано значення «вагомості» (важливості) окремих критеріїв:

$$0 \leq \alpha_{C'} \leq 1, 0 \leq \alpha_{T'} \leq 1, 0 \leq \alpha_{Q'} \leq 1, \sum_{e=1}^3 \alpha_e = 1. \quad (5.74)$$

Введемо комплексний критерій  $K$  для оптимізації  $C', T', Q'$ :

$$K = \alpha_{C'} \cdot C' + \alpha_{T'} \cdot T' + \alpha_{Q'} \cdot Q'. \quad (5.75)$$

Необхідно знайти  $\min K$ , де

$$C' = \frac{1}{\hat{C} - C^*} \sum_i \sum_k x_{ik} c_{ik} - \frac{C^*}{\hat{C} - C^*}; \quad (5.76)$$

$$T' = \frac{1}{\hat{T} - T^*} \sum_i \sum_k x_{ik} t_{ik} - \frac{T^*}{\hat{T} - T^*}; \quad (5.77)$$

$$Q' = \frac{Q^*}{Q^* - \hat{Q}} - \frac{1}{Q^* - \hat{Q}} \sum_i \sum_k x_{ik} q_{ik} \quad (5.78)$$

при виконанні обмежень (5.67) – (5.69):

$$C \leq \hat{C}, C = \sum_i \sum_k x_{ik} c_{ik}, T \leq \hat{T}, T = \sum_i \sum_k x_{ik} t_{ik},$$

$$Q \geq \hat{Q}, Q = \sum_i \sum_k x_{ik} q_{ik},$$

де  $\hat{C}$  – обмеження вартості комунікаційних взаємодій;

$\hat{T}$  – обмеження часу реалізації комунікаційних взаємодій;



$\hat{Q}$  – обмеження щодо якості виконаних задач за ІТ-проектом з урахуванням комунікаційних взаємодій.

Ускладнимо постановку оптимізаційної задачі. Розглянемо багаторівневу ОСУ, в якій управління виконавцями і контроль якості робіт за ІТ-проектом можуть здійснюватися не тільки з сусіднього рівня управління, а й з верхніх рівнів. В цьому випадку в управлінні виконавцем ФЗ може брати участь декілька менеджерів, аж до керівника ІТ-проекту, що призводить до ускладнення комунікаційних взаємодій МП і ВФЗ при реалізації ІТ-проекту.

Введемо булеву змінну  $x_{ike} \in \{1,0\}$ , де  $i$  – ФЗ,  $i = \overline{1,N}$ ,  $N$  – загальна кількість ФЗ за ІТ-проектом;  $k$  – вибраний тип ПКВ,  $k = \overline{1,M}$ ,  $M$  – загальна кількість можливих типів ПКВ;  $e$  – рівень ОСУ ІТ-проектом, з якого здійснюється управління виконавцем,  $e = \overline{1,E}$ ,  $E$  – загальна кількість рівнів ОСУ ІТ-проектом.

$$\text{При цьому } \sum_k x_{ike} = 1; \sum_e x_{ike} = 1.$$

Критерії і обмеження, за допомогою яких оцінюються комунікаційні взаємодії МП і ВФЗ, виглядатимуть таким чином:

1. Вартість витрат на комунікаційні взаємодії МП і ВФЗ:

$$C = \sum_i \sum_k \sum_e x_{ike} c_{ike}, \quad C \leq \hat{C}, \quad (5.78)$$

де  $c_{ike}$  – вартість витрат на управління  $i$ -ю ФЗ з урахуванням вибору  $k$ -го типу ПКВ и  $e$ -го рівня ОСУ ІТ-проектом, з якого здійснюється управління ВФЗ;

$\hat{C}$  – допустимі вартісні витрати.

2. Сумарний час, витрачений на комунікаційні взаємодії МП і ВФЗ:

$$T = \sum_i \sum_k \sum_e x_{ike} t_{ike}, \quad T \leq \hat{T}, \quad (5.79)$$

де  $t_{ike}$  – час, витрачений на комунікаційні взаємодії МП і ВФЗ при реалізації  $i$ -ї ФЗ, виборі  $k$ -го типу ПКВ та  $e$ -го рівня ОСУ ІТ-проектом, з якого здійснюється управління виконавцем ФЗ;

$\hat{T}$  – допустимий час, витрачений на комунікаційну взаємодію МП і ВФЗ;

3. Якість виконання всіх ФЗ за ІТ-проектом з урахуванням комунікаційних взаємодій МП і ВФЗ:

$$Q = \sum_i \sum_k \sum_e x_{ike} q_{ike}, \quad Q \geq \hat{Q}, \quad (5.80)$$

де  $q_{ike}$  – якість виконання  $i$  -ї ФЗ з урахуванням вибору  $k$ -го типу ПКВ МП і ВФЗ  $e$ -го рівня ОСУ ІТ-проектом, за яким здійснюється

управління виконавцем ФЗ;

$\hat{Q}$  – обмеження щодо якості виконання ІТ-проекту.

Можливими є такі постановки оптимізаційних задач, пов'язаних з вибором комунікаційних взаємодій МП і ВФЗ:

1. Необхідно мінімізувати вартість витрат на комунікаційні взаємодії МП і ВФЗ:

$$\min C, C = \sum_i \sum_k \sum_e x_{ike} c_{ike} \quad (5.81)$$

з урахуванням обмежень (5.79), (5.81):

$$T \leq \hat{T}, T = \sum_i \sum_k \sum_e x_{ike} t_{ike};$$

$$Q \geq \hat{Q}, Q = \sum_i \sum_k \sum_e x_{ike} q_{ike},$$

де  $\hat{T}$  – обмеження часу комунікаційних взаємодій;

$\hat{Q}$  – обмеження щодо якості виконання ІТ-проекту з урахуванням комунікаційних взаємодій МП і ВФЗ.

2. Необхідно мінімізувати сумарний час, витрачений на комунікаційні взаємодії МП і ВФЗ при виконанні ІТ-проекту:

$$\min T, T = \sum_i \sum_k \sum_e x_{ike} t_{ike} \quad (5.82)$$

з урахуванням обмежень (5.80), (5.81):

$$C \leq \hat{C}, C = \sum_i \sum_k \sum_e x_{ike} c_{ike};$$

$$Q \geq \hat{Q}, Q = \sum_i \sum_k \sum_e x_{ike} q_{ike},$$

де  $\hat{C}$  – допустимі вартісні витрати;

$\hat{Q}$  – обмеження щодо якості виконання ІТ-проекту з урахуванням комунікаційних взаємодій МП і ВФЗ.

3. Необхідно максимізувати якість виконуваних робіт ВФЗ за допомогою посилення контролю:

$$\max Q, Q = \sum_i \sum_k \sum_e x_{ike} q_{ike} \quad (5.83)$$

з урахуванням обмежень (5.79), (5.80):

$$T \leq \hat{T}, T = \sum_i \sum_k \sum_e x_{ike} t_{ike}; C \leq \hat{C}, C = \sum_i \sum_k \sum_e x_{ike} c_{ike},$$

де  $\hat{T}$  – обмеження часу комунікаційних взаємодій МП і ВФЗ;

$\hat{C}$  – допустимі вартісні витрати.

4. Багатокритеріальна постановка задачі оптимізації комунікаційних взаємодій МП і ВФЗ.

Припустимо, що проведено оптимізацію критеріїв  $C, T, Q$  і знайдено їх екстремальні значення:  $C^*, T^*, Q^*$ . Перетворимо критерії  $C, T, Q$  для переведення їх в безрозмірну шкалу:

$$C' = \frac{C - C^*}{\hat{C} - C^*}, T' = \frac{T - T^*}{\hat{T} - T^*}, Q' = \frac{Q^* - Q}{Q^* - \hat{Q}}. \quad (5.84)$$

Введемо вагові коефіцієнти (важливість) окремих критеріїв, значення яких визначаються за допомогою експертів і МП:  $0 \leq a_{C'} \leq 1$ ;

$0 \leq a_{T'} \leq 1$ ;  $0 \leq a_{Q'} \leq 1$ . При цьому  $\sum_{e=1}^3 a_e = 1$ .

Комплексний критерій для виконання багатокритеріальної задачі оптимізації  $C', T', Q'$  матиме вигляд

$$K = a_{C'} \cdot C' + a_{T'} \cdot T' + a_{Q'} \cdot Q'. \quad (5.85)$$

Необхідно знайти  $\min K$ , якщо

$$\begin{aligned} K = & \frac{a_{C'}}{\hat{C} - C^*} \sum_i \sum_k \sum_e x_{ike} c_{ike} + \frac{a_{T'}}{\hat{T} - T^*} \sum_i \sum_k \sum_e x_{ike} t_{ike} - \\ & - \frac{a_{Q'}}{Q^* - \hat{Q}} \sum_i \sum_k \sum_e x_{ike} q_{ike} - a_{C'} \frac{C^*}{\hat{C} - C^*} - \\ & - a_{T'} \frac{T^*}{\hat{T} - T^*} + a_{Q'} \frac{Q^*}{Q^* - \hat{Q}}, \end{aligned} \quad (5.86)$$

при виконанні обмежень (5.78) – (5.80):

$$C \leq \hat{C}, C = \sum_i \sum_k \sum_e x_{ike} c_{ike};$$

$$T \leq \hat{T}, T = \sum_i \sum_k \sum_e x_{ike} t_{ike};$$

$$Q \geq \hat{Q}, Q = \sum_i \sum_k \sum_e x_{ike} q_{ike},$$

де  $\hat{C}$  – допустимі вартісні витрати;

$\hat{T}$  – обмеження часу комунікаційних взаємодій МП і ВФЗ;

$\hat{Q}$  – обмеження щодо якості виконання ІТ-проекту з урахуванням комунікаційних взаємодій МП і ВФЗ.

Розглянутий підхід доцільно використовувати на стадії планування виконання ІТ-проекту, коли необхідно проаналізувати організаційну систему управління ІТ-проектом і оптимізувати комунікаційні взаємодії менеджерів і виконавців функціональних задач проекту для забезпечення необхідної якості виконуваних робіт і

мінімізації логістичних витрат, пов'язаних з витратами і часом, необхідними для комунікаційних взаємодій.

У даному розділі розглянуто постановку задачі комплексної оптимізації плану ІТ-проекту з урахуванням витрат часу на комунікативні взаємодії його учасників, що дозволяє безпосередньо враховувати як витрати часу на комунікативні взаємодії, так і обмеження, що накладаються комунікативними взаємодіями на планування робіт.

Через наявність множини невизначеностей, що властиві ІТ-проектам, необхідно вирішувати задачу планування проекту як синтез раціонального плану управління проектом з урахуванням комунікативних взаємодій його учасників. Метод побудови такого плану реалізується послідовністю кроків:

- вирішенням оптимізаційної задачі синтезу організаційної системи управління проектом;
- аналізом і формуванням множини комунікаційних рішень в організаційній системі;
- вибором інформаційних каналів зв'язку для організації комунікаційних взаємодій виконавців проекту;
- оптимізацією комунікаційних процесів в організаційній системі.

### **Контрольні запитання**

1. Для чого необхідно проводити оптимізацію організаційної системи управління ІТ-проектами?
2. Які початкові дані необхідні для вирішення задачі оптимізації?
3. Які можливі критерії і обмеження при постановці задачі оптимізації ІТ-проекту?
4. Чим відрізняється локальна задача оптимізації організаційної системи управління ІТ-проектом від комплексної задачі оптимізації?
5. З яких фаз складається задача багатокритеріальної оптимізації при закріпленні виконавців за менеджерами в ОСУ ІТ-проектом?
6. За допомогою яких методів можна визначити кількість протоколів комунікаційної взаємодії в ОСУ ІТ-проектом?
7. Які критерії використовують для вирішення задач оптимізації організаційної системи управління при виконанні ІТ-проекту?
8. Яким методом вирішується задача оптимізації інформаційних каналів зв'язку?

## Завдання

1. Перелічіть можливі методи розв'язання задач оптимізації організаційних систем управління ІТ-проектами.

2. Розкрийте зміст методу перерахування для оцінювання множини протоколів комунікаційної взаємодії в організаційній системі управління ІТ-проектом. Як приклад наведіть формулу для розрахунку варіантів закріплення виконавців проекту за менеджерами.

3. Опишіть схему вирішення оптимізаційної задачі при плануванні комунікаційних взаємодій учасників ІТ-проекту.

4. Наведіть можливі обмеження при оптимізації ІТ-проекту (фонд заробітної плати, тривалість тощо).

5. Сформулюйте оптимізаційну задачу закріплення виконавців за менеджерами ІТ-проекту: мінімізація часу ***minT*** за умови виконання обмежень (5.33) і (5.34).

6. Сформулюйте багатокритеріальну постановку задачі оптимізації: необхідно мінімізувати комплексний критерій ***R*** з урахуванням виконання обмежень (5.21) – (5.25).

7. Перелічіть початкові дані, необхідні для вирішення задачі оптимізації вибору каналу зв'язку для організації комунікаційної взаємодії.

8. Наведіть задачу мінімізації часу обміну інформацією в комунікаційних взаємодіях виконавців: ***minT***, з урахування обмежень (5.56) і (5.57).

9. Сформулюйте задачу мінімізації витрат, пов'язаних з побудовою сітьової структури інформаційних каналів зв'язку: ***minC*** з урахуванням виконання обмежень (5.60) і (5.61).

## БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Толковый словарь Вебстера [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.merriam-webster.com/dictionary/project?show=0&t=1286342004>.
2. A Guide to the project management body of knowledge (PMBOK) [Text]. – USA: Project management Institute, 2004. – 421 p.
3. Бушуєв, С.Д. Керівництво з питань проектного менеджменту [Текст] / С.Д. Бушуєв. – К.: Українська асоціація управління проектами, 1999. – 197 с.
4. Пайпе, С. Проектный менеджмент. Ускоренный курс [Текст] / С. Пайпе. – М.: Дело и сервис, 2005. – 192 с.
5. Управление проектами [Текст]: учеб. пособие / И.И. Мазур, В.Д. Шапиро, Н.Г. Ольдерогге, А.В. Полковников. – М.: Омега-Л, 2009. – 405 с.
6. Локк, Д. Основы управления проектами [Текст] / Д. Локк. – М.: НИРРО, 2004. – 242 с.
7. Ахметов, К.С. Практика управления проектами [Текст] / К.С. Ахметов. – М.: Русская редакция, 2004. – 272 с.
8. Либерзон, В.И. Основные понятия и процессы управления проектами [Электронный ресурс] / В.И. Либерзон. – Режим доступа: <http://www.pmpofy.ru./content/rus/rubr27/rubr-274.asp>.
9. Верзух, Э. Управление проектами. Ускоренный курс по программе MBA / Э. Верзух. – М.: Диалектика-Вильямс, 2007. – 480 с.
10. Математические основы управления проектами [Текст]: учеб. пособие / С.А. Баркалов, В.И. Воропаев, Г.И. Секлетова и др.; под ред. В.Н. Буркова. – М.: Высш.шк., 2005. – 423 с.
11. Балашов, В.Г. Механизмы управления организационными проектами [Текст] / В.Г. Балашов, А.Ю. Заложнев, Д.А.Новиков. – М.: ИПУ РАН, 2003. – 84 с.
12. Локир, К. Управление проектами. Ступени высшего мастерства [Текст] / К. Локир, Дж. Гордон. – М.: Гревцов Паблшер, 2008. – 352 с.
13. Дипроуз, Д. Управление проектами [Текст] / Д. Дипроуз. – М.: Эксмо, 2008. – 240 с.
14. Дмитриев, Д.В. Управление проектами [Текст]: практ. руководство / Д.В. Дмитриев. – М.: ЮРКНИГА, 2003. – 288 с.
15. Ильенкова, С.Д. Инновационный менеджмент [Текст] / С.Д. Ильенкова. – М.: ЮНИТИ, 1997. – 327 с.
16. Гунин, В.Н. Управление инновациями: 17-модульная программа для менеджеров. Модуль 7 [Текст] / В.Н. Гунин. – М.: Инфра-М, 2000. – 272 с.

17. Кобиляцький, Л.С. Управління проектами [Текст]: навч. посіб. / Л.С. Кобиляцький. – К.: МАУП, 2002. – 200 с.
18. Гританс, Я.М. Организационное проектирование и реструктуризация (реинжиниринг) предприятий и холдингов [Текст] / Я.М. Гританс. – М.: Волтерс Клувер, 2005. – 108 с.
19. Ильин, В.В. Проектный менеджмент [Текст]: практ. пособие / В. Ильин. – М.: Альфа-Пресс, 2007. – 264 с.
20. Бурков, В.Н. Как управлять проектами [Текст] / В.Н. Бурков, Д.А. Новиков. – М.: Синтег, 1997. – 188 с.
21. Королев, Д. Эффективное управление проектами [Текст] / Д. Королев. – М.: ОЛМА-ПРЕС, 2003. – 128 с.
22. Эффективное управление проектами [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.projectmanagement.ru>
23. Бушуев, С.Д. Динамическое лидерство в управлении проектами [Текст] / С.Д. Бушуев, В.В. Морозов. – К.: ВИПОЛ, 1999. – 286 с.
24. Михеев, В.Н. Современная команда менеджмента проекта [Электронный ресурс] / В.Н. Михеев. – Режим доступа: <http://www.sovnet.ru>.
25. Пятенко, С.В. Методы анализа наиболее типичных проблем управления проектом [Электронный ресурс] / С.В. Пятенко. – Режим доступа: <http://www.intalev.com.ua>.
26. Старинская, А.А. Гонка за эффективностью [Электронный ресурс] / А.А. Старинская. – Режим доступа: <http://www.intalev.com.ua>.
27. Старинская, А.А. Не изобретайте колесо или некоторые советы по организации проекта [Электронный ресурс] / А.А. Старинская. – Режим доступа: <http://www.manager.net.ua>
28. Ципес, Г.Л. Ключевые показатели деятельности в проектно-ориентированной компании [Электронный ресурс] / Г.Л. Ципес. – Режим доступа: <http://www.pmprofy.ru/content>.
29. Тернер Дж. Родни. Руководство по проектно-ориентированному управлению [Текст]: пер. с англ. / Дж. Родни Тернер; под общ. ред. В.И. Воропаева – М.: Изд. дом Гребенникова, 2007. – 552 с.
30. Ципес, Г.Л. Процессы и проекты – туда и обратно [Электронный ресурс] / Г.Л. Ципес, А.С. Товб. – Режим доступа: <http://www.pmprofy.ru>
31. Казеннов, М. Управление через проекты [Электронный ресурс] / М. Казеннов, В. Рябов. – Режим доступа: <http://www.pmprofy.ru>.
32. Попов, Ю.И. Управление проектами [Текст] / Ю.И. Попов, О.В. Яковенко. – М.: Инфра-М, 2008. – 208 с.
33. Дубинин Е. Финансовое управление по проектам [Электронный ресурс] / Е. Дубинин. – Режим доступа: <http://www.pmprofy.ru>.
34. Департамент Систем Управления Проектами ЛАНИТ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.projectmanagement.ru>

35. Философский энциклопедический словарь [Электронный ресурс]. – Режим доступа [http://www.rubricon.com/fes\\_1.asp](http://www.rubricon.com/fes_1.asp).

36. Бурков, В.Н. Теория активных систем: состояние и перспективы [Текст] / В.Н. Бурков, Д.А. Новиков. – М.: Синтег, 1999. – 126 с.

37. Бурков, В.Н. Теория графов в управлении организационными системами [Текст] / В.Н. Бурков, А.Ю. Заложнев, Д.А. Новиков. – М.: Синтег, 2001. – 124 с.

38. Товб, А.С. Управление проектами: стандарты, методы, опыт [Текст] / А.С. Товб, Г.Л. Ципес. – М.: Олимп-Бизнес, 2003. – 240 с.

39. Губко, М.В. Теория игр в управлении организационными системами [Текст] / М.В. Губко, Д.А. Новиков. – 2-е изд. – М.: Синтег, 2005. – 138 с.

40. Новиков, Д.А. Механизмы функционирования многоуровневых организационных систем [Текст] / Д.А. Новиков. – М.: Проблемы управления, 1999. – 161 с.

41. Новиков, Д.А. Механизмы функционирования организационных систем с распределенным контролем [Текст] / Д.А. Новиков, А.В. Цветков. – М.: ИПУ РАН, 2001. – 118 с.

42. Губко, М.В. Матричные структуры управления [Текст] / М.В. Губко, А.П. Караваев // Автоматика и телемеханика. – 2001. – № 10. – С. 132 – 146.

43. Старинская, А.А. Управляющая компания. Взгляд финансиста [Электронный ресурс] / А.А. Старинская. – Режим доступа: <http://www.intalev.ua/?id=24783>.

44. Старинская, А.А. Сага о проекте [Электронный ресурс] / А.А. Старинская, В. Лучкин – Режим доступа <http://spiderproject.com.ua>

45. Полковников, А. Корпоративная система управления проектами [Электронный ресурс] / А. Полковников. – Режим доступа: <http://projectm.narod.ru>.

46. Старинская, А.А. Организация проектного офиса в компании [Электронный ресурс] / А.А. Старинская. – Режим доступа: <http://www.manager.net.ua>.

47. Ньюэлл, М. Проектный офис [Электронный ресурс] / М. Ньюэлл. – Режим доступа: <http://www.pmpofy.ru>.

48. Бриджес, Д. Как создать и развернуть проектный офис [Текст]. [Электронный ресурс] / Д. Бриджес, К. Кроуфорд. – Режим доступа: <http://www.pmpofy.ru>.

49. Смирнов, Д. Внедрение системы управления проектами в рамках внедрения интегрированной системы управления предприятием [Электронный ресурс] / Д. Смирнов. – Режим доступа: <http://www.pmpofy.ru/content>.

50. Разу, М.Л. Управление программами и проектами: 17-модульная



программа для менеджеров. Мод.8 [Текст] / М.Л. Разу, В.И. Воропаев, Ю.В. Якутин. – М.: ИНФРА-М, 2000. – 320 с.

51. Арчибальд, Р. Управление высокотехнологичными программами и проектами [Текст]: пер. с англ. / Р. Арчибальд. – М.: Пресс, 2002. – 464 с.

52. Клиффорд, Ф. Грей. Управление проектами [Текст]: практ. руководство: пер. с англ. / Ф. Грей Клиффорд, Эрик У. Ларсон. – М.: Дело и Сервис, 2003. – 528 с.

53. Мэддон, Д. Сто правил руководителей проектов NASA [Электронный ресурс] / Д. Мэддон. – Режим доступа: <http://www.intalev.com.ua>.

54. Пужанова, К. Модели зрелости: обзор и исследования [Электронный ресурс] / К. Пужанова. – Режим доступа: <http://www.pmi.ru>.

55. Хоги, Д. Восемь ключевых факторов (движущих сил), обеспечивающих успех проекта [Электронный ресурс] / Д. Хоги. – Режим доступа: <http://www.pmpofy.ru>.

56. Ньюэлл, М. Структура декомпозиции работ [Электронный ресурс] / М. Ньюэлл. – Режим доступа: <http://www.intalev.com.ua>.

57. Структура декомпозиции работ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.manager.net.ua>.

58. Ефремов, В. Проектное управление: модели и методы принятия решений [Электронный ресурс] / В. Ефремов. – Режим доступа: <http://www.intalev.com.ua>.

59. Богданов, В. Управление временем как элемент стратегического управления [Электронный ресурс] / В. Богданов. – Режим доступа: <http://www.bogdanov-associates.com>.

60. Кудрин, В. Угрожение рисков [Электронный ресурс] / В. Кудрин, Р. Железняк. – Режим доступа: <http://www.intalev.ua/?id=24045>.

61. Адамова, Н. Принятие проектных решений через управление рисками [Электронный ресурс] / Н. Адамова. – Режим доступа: <http://www.projectmanagement.ru/mup.asp>.

62. Рач, Д.В. Контроль выполнения проектов на основе анализа освоенного объема [Текст] / Д.В. Рач // Вісн. Східноукр. держ. ун-ту. – 1998. – № 6 (16). – С. 27–31.

63. Флеминг, К.В. Методика освоенного объема в управлении проектами [Электронный ресурс] / К.В. Флеминг, Д.М. Коппелман. – Режим доступа: <http://www.manager.net.ua>.

64. Субботин, А. Контроль бюджета проекта по графикам "освоенного объема" [Электронный ресурс] / А. Субботин. – Режим доступа: <http://www.manager.net.ua>.

65. Ивлев, В.А. ABC/ABM/ABW. Методы и системы [Текст] / В.А. Ивлев, Т.В. Попова. – М.:1С – Паблишинг, 2007. – 208 с.

66. Колосова, Е.В. Методика освоенного объема в оперативном управлении проектами [Текст] / Е.В. Колосова, Д.А. Новиков, А.В. Цветков. – М.: Апостроф, 2000. – 156 с.

67. Морозов, Д.С. Проектное финансирование: управление рисками / Д.С. Морозов. – М.: Анкил, 1999. – 119 с.

68. Москвин, В.А. Управление рисками при реализации инвестиционных проектов [Текст] / В.А. Москвин. – М.: Финансы и статистика, 2004. – 352 с.

69. Яскевич, О. Г. Управление рисками в проектной деятельности фирмы [Текст]: учеб. пособие / О.Г. Яскевич. – Воронеж: Воронеж. гос. техн. ун-т, 2004. – 122 с.

70. Старинская, А.А. Ставка на карту рисков [Электронный ресурс] / А.А. Старинская. – Режим доступа: <http://spiderproject.com.ua>.

71. Макеев, Р. Не гадать, а управлять помогут «карты рисков» [Электронный ресурс] / Р. Макеев. – Режим доступа: <http://risk.gaexpert.ru>

72. Buehler, K. Обуздание риска [Электронный ресурс] / K. Buehler, G.Pritsch. – Режим доступа: <http://www.management.com.ua>.

73. Нормативная база программной инженерии в разработке систем с интенсивным использованием программного обеспечения [Текст]: учеб. пособие / Б.М. Конорев, Л.Ф. Пудовкина, И.Б. Сироджа, О.Е. Федорович. – Х.: Нац. аэрокосм. ун-т «Харьк. авиац. ин-т», 2001. – 162 с.

74. Петров, Э.Г. Методология структурного системного анализа и проектирования крупномасштабных ИУС [Текст] / Э.Г. Петров, С.И. Чайников, А.О. Овезгельдыев. – Х.: Рубикон, 1997. – Ч.1: Концепции и методы. – 140 с.

75. Тараканов, К.В. Аналитические методы исследования систем [Текст] / К.В. Тараканов, Л.А. Овчаров, А.Н. Тарышкин. – М.: Сов. радио, 1974. – 240 с.

76. Барвайс, Дж. Справочная книга по математической логике. [Текст]: пер. с англ. / Дж. Барвайс. – М.: Наука, 1982. – Ч II. Теория множеств. – 324 с.

77. Оре, О. Теория графов [Текст] / О.Оре. – М.: Наука, 1968. – 457 с.

78. Харрари, Ф. Теория графов [Текст]: пер. с англ. / Ф. Харрари. – М.: Мир, 1973. – 300 с.

79. Филлипс, Д. Методы анализа сетей [Текст]: пер. с англ. / Д. Филлипс, А. Гарсия-Диас; под ред. Б.Г. Сушкова. – М.: Мир, 1984. – 496 с.

80. Ахьюджа, Х. Сетевые методы управления в проектировании и производстве [Текст] / Х. Ахьюджа. Х. – М.: Мир, 1979. – 638 с.

81. Глушков, В.М. Теория автоматов и формальные

преобразования микропрограмм [Текст] / В.М. Глушков // Кибернетика. – 1965. – № 5. – С. 1 – 10.

82. Глушков, В.М. О применении абстрактной теории автоматов для минимизации микропрограмм: в 2 т. [Текст] / В.М. Глушков // Техническая кибернетика. – 1964. – Т.2. – С. 56 – 61.

83. Глушков, В.М. К вопросу о минимизации микропрограмм и схем алгоритмов [Текст] / В.М. Глушков // Кибернетика. – 1966. – № 5. – С.1 – 8.

84. Меньков, А.В. Теоретические основы автоматизированного управления [Текст] / А. В. Меньков, В. А. Острейковский. – М.: Оникс, 2005. – 640 с.

85. Илюшко, В.М. Об одной модификации регулярных схем алгоритмов [Текст] / В.М. Илюшко, В.А. Попов // Математические методы анализа динамических систем. – Х.: Харьк. авиац. ин-т, 1977. – 255 с.

86. Савин, М.М. Теория автоматического управления [Текст] / М.М. Савин, В.С. Елсуков, О.Н. Пятина. – Ростов н/Д: Феникс, 2007. – 469 с.

87. Тараканов, К.В. Аналитические методы исследования систем [Текст] / К.В. Тараканов, Л.А. Овчаров, А.Н. Тарышкин. – М.: Сов. радио, 1974. – 240 с.

88. Клейнрок, Л. Теория массового обслуживания [Текст]: пер. с англ. / Л. Клейнрок. – М.: Машиностроение, 1979. – 432 с.

89. Гудвин, Г.К. Проектирование систем управления [Текст]: пер. с англ. / Г.К. Гудвин, С.Ф. Греббе, М.Э. Сальгадо. – М.: Бином-Пресс, 2004. – 911 с.

90. Макеева, А.В. Основы нечеткой логики [Текст]: учеб. пособие / А.В. Макеева. – Н.Новгород: ВГИПУ, 2009. – 59 с.

91. Андрейчиков, А.В. Анализ, синтез, планирование решений в экономике [Текст] / А.В. Андрейчиков, О.Н. Андрейчикова. – М.: Финансы и статистика, 2000. – 203 с.

92. Экспертные оценки в научно-техническом прогнозировании [Текст] / Г.М. Добров, Ю.В. Ершов, Е.И. Левин, Л.П. Смирнов. – К.: Наук. думка, 1974. – 172 с.

93. Орлов, А.И. Экспертные оценки: учеб. пособие [Электронный ресурс] / А.И. Орлов. – М. 2002. – Режим доступа <http://www.aup.ru/books/m154>.

94. Бусленко, Н.П. Моделирование сложных систем [Текст] / Н.П. Бусленко. – М.: Наука, 1978. – 400 с.

95. Кунцевич, В.М. Синтез оптимальных и адаптивных систем управления. Игровой подход [Текст] / В.М. Кунцевич, М.М. Лычак. – К.: Наук. думка, 1985. – 248 с.

96. Шенон, Р.Е. Имитационное моделирование систем. Искусство и наука [Текст] / Р.Е. Шенон. – М.: Мир, 1978. – 418 с.

97. Кобелев, Н.Б. Основы имитационного моделирования сложных экономических систем [Текст] / Н.Б. Кобелев. – М.: Дело, 2003. – 336 с.

98. Гаврилова, Т.А. Базы знаний интеллектуальных систем [Текст] / Т.А. Гаврилова, В.Ф. Хорошевский. – СПб.: Питер, 2000. – 384 с.

99. Шрайбер, Т.Дж. Моделирование на GPSS [Текст]: пер. с англ. / Т. Дж. Шрайбер. – М.: Машиностроение, 1980. – 592 с.

100. Лоу, А.М. Имитационное моделирование. Классика CS [Текст] / А.М. Лоу, В.Д. Кельтон. – 3-е изд. – СПб.: Питер, 2004. – 848 с.

101. Варжапетян, А.Г. Имитационное моделирование на GPSS/H [Текст]: учеб. пособие / А.Г. Варжапетян; ГУАП. – МСПб., 2007. – 384с.

102. Carson, J.S. Model verification and validation [Text] / J.S. Carson // Proceedings of the 2002. Winter Simulation Conference. – 2002. – p. 52–58.

103. Томашевский, В. Имитационное моделирование в среде GPSS [Текст] / В. Томашевский, Е. Жданова. – М: Бестселлер, 2003. – 416 с.

104. Трахтенгерц, Э.А. Субъективность в компьютерной поддержке управленческих решений [Текст] / Э.А. Трахтенгерц. – М.: СИНТЕГ, 2001. – 256 с.

105. Яцкив, И.В. Проблема валидации имитационной модели и ее возможные решения [Текст] / И.В. Яцкив // Материалы конф. «ИММОД '2003». – 2003. – С. 211–217.

106. Прохоров, А.В. Методическое пособие по моделированию [Текст] / А.В. Прохоров, О.Е. Федорович. – Х.: Нац. аэрокосм. ун-т «Харьк. авиац. ин-т», 1999. – 69 с.

107. Поспелов, Д.А. Многоагентные системы – настоящее и будущее [Текст] / Д.А. Поспелов // Информационные технологии и вычислительные системы. – 1998. – Вып. 31. – С. 14–21.

108. Орлов, А.И. Теория принятия решений [Текст] / А.И. Орлов. – М.: Экзамен, 2005. – 656 с.

109. Краснощеков, П.С. Иерархические схемы проектирования и декомпозиционные численные методы [Текст] / П.С. Краснощеков, В.В. Морозов, Н.М. Попов // Изв. РАН. Теория и системы управления. – 2001. – №5. – С. 50–57.

110. Гуцин, В.М. Информационно-компьютерная технология разработок – новое направление широкого внедрения вычислительной техники в научные исследования и проектно-конструкторские работы [Текст] / В.М. Гуцин // Полет. – Вып. 31. – 2003. – С. 10–16.

111. Джонс, Дж. К. Методы проектирования [Электронный ресурс] / Дж. К. Джонс. – М.: Мир, 1986. – 326 с. – Режим доступа: <http://dwg.ru/dnl/8221>.

112. Колпаков, В. М. Теория и практика принятия управленческих решений [Текст]: учеб. пособие. / В.М. Колпаков. – 2-е изд., перераб. и доп. – К.: МАУП, 2004. – 504 с.

113. Бром, А.Е. Теоретические аспекты кибернетического подхода к моделированию логистической системы управления предприятием [Текст] / А.Е. Бром // Изв. вузов. Машиностроение. – 2003. – № 7. – С. 62 – 68.

114. Представление знаний в интеллектуальных системах [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.smart-edu.com/index.php/stati-upravlenie-znaniyami/predstavlenie-znaniy-v-intellektualnyh-sistemah.html>.

115. Райзберг, Б.А. Экономический словарь [Текст] / Б.А. Райзберг, Л. Ш. Лозовский, Е. Б. Стародубцева. – М.: Инфра- М, 2006. – 495 с.

116. Баранников, В.В. Синтез комбинированных имитационно-оптимизационных моделей кругооборота оборотных активов (синергетический эффект) [Текст] / В.В. Баранников // Вісн. Донец. нац. ун-ту. Сер. Економіка і право. – 2008.– Вип.2. – С. 347–350.

117. Суровцева, Е.А. Комплексная методика измерения организационных коммуникаций [Электронный ресурс] / Е.А. Суровцева // Научный журнал Куб. гос. аграр. ун-та. – 2007. – № 33. – Режим доступа к ресурсу: <http://ej.kubagro.ru/2007/09/pdf/15.pdf>.

118. Гаврилов, М.В. Управление коммуникациями в проекте [Электронный ресурс] / М.В. Гаврилов. – Режим доступа <http://www.ingn.ru/develop.php>.

119. Цзи, И. Формирование и развитие коммуникационных резервов повышения качества продукции промышленного предприятия [Текст] / И. Цзи. – Тамбов: ТГТУ, 2007. – 120 с.

120. Каймакова, М.В. Коммуникации в организации [Текст] / М. В. Каймакова. – Ульяновск : Ульян. гос. техн. ун-т, 2008. – 73 с.

121. Василица, М.А. Основы теории коммуникации [Текст] / М.А. Василица. – М.: Гардарики, 2003. – 615 с.

122. Панфилова, А.П. Деловая коммуникация в профессиональной деятельности [Текст] / А. П. Панфилова. – М.: Знание, 2005. – 495 с.

123. Mehrabian, A.K. Nonverbal communication [Text] / A.K. Mehrabian. – Cambridge: University Press, 1972. – 226 p.

124. Лукьянова, Н.А. Роль знаковой динамики в моделях коммуникации и теориях управления [Текст] / Н.А. Лукьянова // Вестн. ТГПУ. – 2008. – Вып. 1 (75). – С. 55–63.

125. Кибанов, А.Я. Управление персоналом организации. Отбор и оценка при найме. Аттестация: учеб. пособие [Электронный ресурс] / А.Я. Кибанов, И.Б. Дуракова. – 2005. – 416 с. – Режим доступа:

<http://technorati.com/faves?add=http://www.knigu.com/index.php/aya-kibanov-ib-durakova-upravlenie-personalom-organizaciiotbor-i-ocenka-pri-naime-attestaciya.html>.

126. Почепцов, Г.Г. Теория коммуникации [Текст] / Г.Г. Почепцов. – М.: Рефл-бук, 2001. – 656 с.

127. Гамаонов, В.Г. Реляционно-функциональная концепция информации и ее приложения [Текст] / В.Г. Гамаонов // Научно-техническая информация. – 1997. – №8. – С. 8-17.

128. Экономическая энциклопедия / под. ред. Л.И. Абалкина. – М.: Экономика, 1999. – 434 с.

129. Суровцева, Е.С. Оценка затрат и эффективность организационных изменений в управлении коммуникациями предприятия [Электронный ресурс] / Е.С. Суровцева, Г.Я. Рубин // Научный журнал МАОП. – 2008. – №2. – С. 54–56. – Режим доступа: <http://elibrary.ru/item.asp?id=11789570>.

130. Пойа, Д. Комбинаторные вычисления для групп, графов и химических соединений [Текст]: пер. с англ. / Д. Пойа // Перечислительные задачи комбинаторного анализа: сб. переводов; под ред. Г.П. Гаврилова. – М.: Мир, 1979. – С. 36–139.

131. Де Брейн, Н. Обзор обобщенной перечислительной теории Пойа [Текст]: пер. с англ. / Н. Де Брейн // Перечислительные задачи комбинаторного анализа: сб. переводов; под ред. Г.П. Гаврилова. – М.: Мир, 1979. – С. 229 – 256.

132. Федорович, О.Є. Методологія створення розподілених ієрархічних систем управління на основі компонентного підходу [Текст] / О.Є. Федорович, Л.Д. Греков // Радіоелектронні і комп'ютерні системи. – 2007. – №2 (21). – С. 64-69.

133. Гуляницкий, Л.Ф. Решение задач комбинаторной оптимизации алгоритмами ускоренного вероятностного моделирования [Текст] / Л.Ф. Гуляницкий // Компьютерная математика. – К. – 2004. – №1. – С. 64–72.

134. Бондарь, О.П. Задача о назначениях, критерии совместимости работников и справедливости назначений [Текст] / О.П. Бондарь, С.Т. Кузнецов, Н.В. Столярчук // Штучний інтелект. – 2005. – № 4. – С. 447–462.

135. Глоссарий [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://www.glossary.ru/cgi-bin/gl\\_sch2.cgi?REuqzslty](http://www.glossary.ru/cgi-bin/gl_sch2.cgi?REuqzslty):

136. Делопроизводство. Документооборот в организации [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://opb.ru/deloproizvodstvo.html>

137. Попов, С.Г. Управление персоналом [Текст]: учеб. пособие / С.Г. Попов. – М.: ОСЬ-89, 2007. – 144 с.

138. Грошев, И.В. Служебное совещание [Текст] / И.В. Грошев,

А.А. Поздняков. – СПб.: Питер, 2005. – 204 с.

139. Участники управления документами [Электронный ресурс]. – Режим доступа (<http://go.microsoft.com/fwlink/?linkid=73285&clid=0x419>)

140. Орлов, А.И. Эконометрика [Текст]: учеб. / А.И. Орлов. – М.: Экзамен, 2002. – 576 с.

141. Коновальчук, Е.В. Модели и методы оперативного управления проектами [Текст] / Е.В. Коновальчук, Д.А. Новиков. – М.: ИПУ РАН, 2004. – 63 с.

142. Ловцов, Д.А. Распределение информационных мер в эргасистеме [Текст] / Д.А. Ловцов // Научно-техническая информация. Сер.2. Информ. процессы и системы. – 2002. – №10. – С.12–18.

143. Шестаков А.В. Экономика и право: энциклопедический словарь [Текст] / А.В. Шестаков. – М.: Дашков и Ко, 2000. – 568 с.

144. Волков, И.М. Проектный анализ [Текст] / И.М. Волков, М.В. Грачева. – М.: Банки и биржи, 1998. – 423 с.

145. Городецкий, В.И. Элементы теории испытаний и контроля технических систем [Текст] / В.И. Городецкий, А.К. Дмитриев, В.М. Марков. – Л.: Энергия, 1978. – 192 с.

146. Лебедев, В.В. Техническая эффективность пилотируемых космических аппаратов [Текст] / В.В. Лебедев, В.А. Крутов. – М.: Машиностроение, 1985. – 256 с.

147. Эддоус М. Методы принятия решений [Текст] / М. Эддоус, Р. Стэнсфилд. – М.:Аудит, 1997. – 590 с.

148. Методические рекомендации по оценке эффективности инвестиционных проектов (вторая ред.) [Текст] / рук. авт. кол.: В.В. Коссов, В.Н. Лившиц, А.Г. Шахназаров. – М.: Экономика, 2000. – 421 с.

149. Андерсен, Э. Сфокусированное управление проектом [Текст] / Э. Андерсен, К. Груде, Т. Хауг. – М.: ФАИР-Пресс, 2006. – 293 с.

150. Гамаонов, В.Г. Реляционно-функциональная концепция информации и ее приложения [Текст] / В.Г. Гамаонов. – Научно-техническая информация. – 1997. – №8. – С. 8–17.

151. Лисецкий, Ю. М. Метод комплексной экспертной оценки для проектирования сложных технических систем [Текст] / Ю.М. Лисецкий // Математичні машини і системи. – 2006. – № 2. – С.141–146.

Навчальне видання

**Федорович Олег Євгенович**

**Западня Ксенія Олегівна**

**Назаренко Тетяна Миколаївна**

## МОДЕЛЮВАННЯ ОРГАНІЗАЦІЙНИХ СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ ІТ-ПРОЕКТАМИ

Редактор В.М. Коваль

Зв. план, 2011

Підписано до друку 25.08.2011

Формат 60x84 1/16. Папір. офс. № 2. Офс. друк

Ум. друк. арк. 8. Обл.-вид. арк. 9.0. Наклад 300 пр.

Замовлення 252. Ціна вільна

---

Національний аерокосмічний університет ім. М.Є. Жуковського

«Харківський авіаційний інститут»

61070, Харків-70, вул. Чкалова, 17

<http://www.khai.edu>

Видавничий центр «ХАІ»

61070, Харків-70, вул. Чкалова, 17

[izdat@khai.edu](mailto:izdat@khai.edu)

Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи до Державного реєстру видавців, виготовлювачів і розповсюджувачів видавничої продукції, серія ДК № 391, видане Державним комітетом інформаційної політики, телебачення та радіомовлення України від 30.03.2001р.