

ОЦІНЮВАННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РЕОРГАНІЗАЦІЇ ТРАНСПОРТНИХ МЕРЕЖ

ОЦЕНКА ЭФЕКТИВНОСТИ РЕОРГАНИЗАЦИИ ТРАНСПОРТНЫХ СЕТЕЙ

PERFORMANCE EVALUATION OF TRANSPORT NETWORKS REORGANIZATION

Анотація. В роботі запропоновано узагальнену модель мережі оператора телекомунікацій, яка дозволяє чітко відокремити транспортну складову мережі від інших компонентів таким чином, щоб забезпечити можливість прозорого переходу на інші технології без модернізації комутаційних вузлів або мереж абонентського доступу. Запропоновано узагальнений алгоритм оцінювання ефективності реорганізації транспортних мереж, який базується на порівнянні техніко-економічних показників реорганізації мережі до того чи іншого перспективного набору технологій.

Аннотация. В работе предложена обобщенная модель сети оператора телекоммуникаций, которая позволяет чётко отделить транспортную составляющую сети от других компонентов таким образом, чтобы обеспечить возможность прозрачного перехода на другие технологии без модернизации коммутационных узлов или сетей абонентского доступа. Предложен обобщенный алгоритм оценки эффективности реорганизации транспортных сетей, который базируется на сравнении технико-экономических показателей реорганизации сети к тому либо иному перспективному набору технологий.

Summary. Proposed a generalized model of telecommunications network that allows clearly separate the transport component of the network so as to allow transparent conversion to other technologies without upgrading switching subsystem or access networks. A generalized algorithm for evaluating the effectiveness of transport networks reorganization, based on comparing the technical and economic indicators restructuring the network to a promising set of technologies.

Невпинний розвиток інформаційних технологій зумовлено появою нових послуг, а також тим, що зростаючі вимоги користувачів до якості традиційних послуг змушують операторів телекомунікацій проводити адаптацію транспортних мереж до сучасних реалій. Найбільш розповсюджена форма такої адаптації – реорганізація транспортної мережі, побудованої на заміні одного набору технологій, на інший, який на цей час вважається оператором за перспективний і дозволяє підвищувати якість надавання послуг власним абонентам.

Процесу такої реорганізації передують стадія обрання стратегії розвитку та оцінювання витрат, як у вигляді прямих інвестицій так і у вигляді часу, що витрачається на реорганізацію. Зважаючи на наявність широкого спектра технологій організації транспортних мереж, що на сьогодні можуть вважатися за перспективні, перед оператором постає вельми складна організаційно-технічна задача – вибір найбільш оптимального напрямку розвитку на підставі комплексної оцінки технічних та економічних показників. Для цього, здебільшого на цій стадії, розробляється техніко-економічне обґрунтування або бізнес-план, однак, зважаючи на відсутність єдиного підходу до розроблення таких документів, проектувальники часто користуються суто суб'єктивними підходами щодо визначення стратегії подальшого розвитку.

Неприпустимість обрання хибної стратегії розвитку, яка може призвести до небажаних наслідків, змушує операторів приділяти все більше уваги до цієї стадії проектування. За таких умов вельми актуально постає завдання мінімізації суб'єктивної частки оцінки перспективності тієї чи іншої технології та створення чітких методик, які можуть стати ефективним інструментом обрання стратегії розвитку мережі оператора на підставі результатів моделювання процесу реорганізації.

Метою цієї статті є розроблення базових засад оцінювання ефективності реорганізації транспортних мереж до перспективних технологій, які можуть бути покладені в основу формування методик та рекомендацій щодо розроблення техніко-економічних завдань та бізнес-планів реорганізації транспортних мереж операторів телекомунікацій.

З метою чіткого відокремлення сукупності елементів телекомунікаційної мережі оператора, яка може вважатися за її транспортну складову, від усієї решти елементів пропонується здійснити розподіл обладнання, застосованого на мережі, за трьома рівнями: рівнем абонентського доступу та службових мереж, рівнем комутації інформаційних потоків та рівнем організації транспорту. Базовим елементом мережі оператора при цьому є вузловий центр, узагальнену структурну схему якого подано на рис. 1.

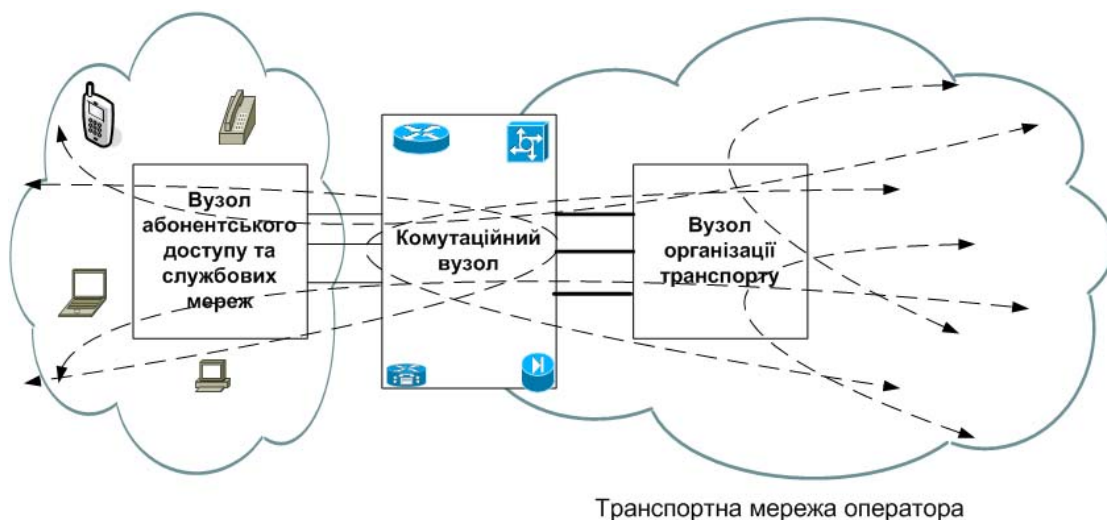


Рисунок 1 – Структурна схема вузлового центру

Вузловий центр складається з трьох типових вузлів: абонентського доступу та службових мереж (ВАД та СМ), комутаційного (КВ) та організації транспорту (ВОТ). Залежно від ролі, яку виконує вузловий центр, певні вузли можуть не входити до його складу.

Основним призначенням вузла абонентського доступу та службових мереж є організація взаємодії абонентів з комутаційним вузлом за допомогою набору технологій абонентського доступу. Типовим прикладом цього вузла можуть бути: фрагмент абонентської телефонної мережі загального користування, фрагмент підсистеми базових станцій мобільного оператора, мережа доступу, побудована за допомогою технології Ethernet, тощо. Призначенням комутаційного вузла є організація з'єднання поміж двома абонентами (або поміж абонентом та сервером) в межах власної мережі або із абонентами та серверами інших мереж. Призначенням вузла організації транспорту є організація взаємодії між вузловими центрами власної транспортної мережі, а також організація каналів зв'язку з іншими мережами [1].

Слід зазначити, що інформаційні потоки (позначені на рис. 1 штриховими стрілками) можуть проходити крізь вузловий центр як із залученням до цього процесу комутаційного вузла, так і без нього. Тобто комутація з'єднання (комутація телефонного виклику, маршрутизація пакетів тощо), яке утворюється (або завершується) в межах мережі оператора, може здійснюватися як на рівні комутаційного вузла, так і в межах загального транспортного потоку на вузлі організації транспорту (наприклад, якщо вузол виконує роль транзитного пункту).

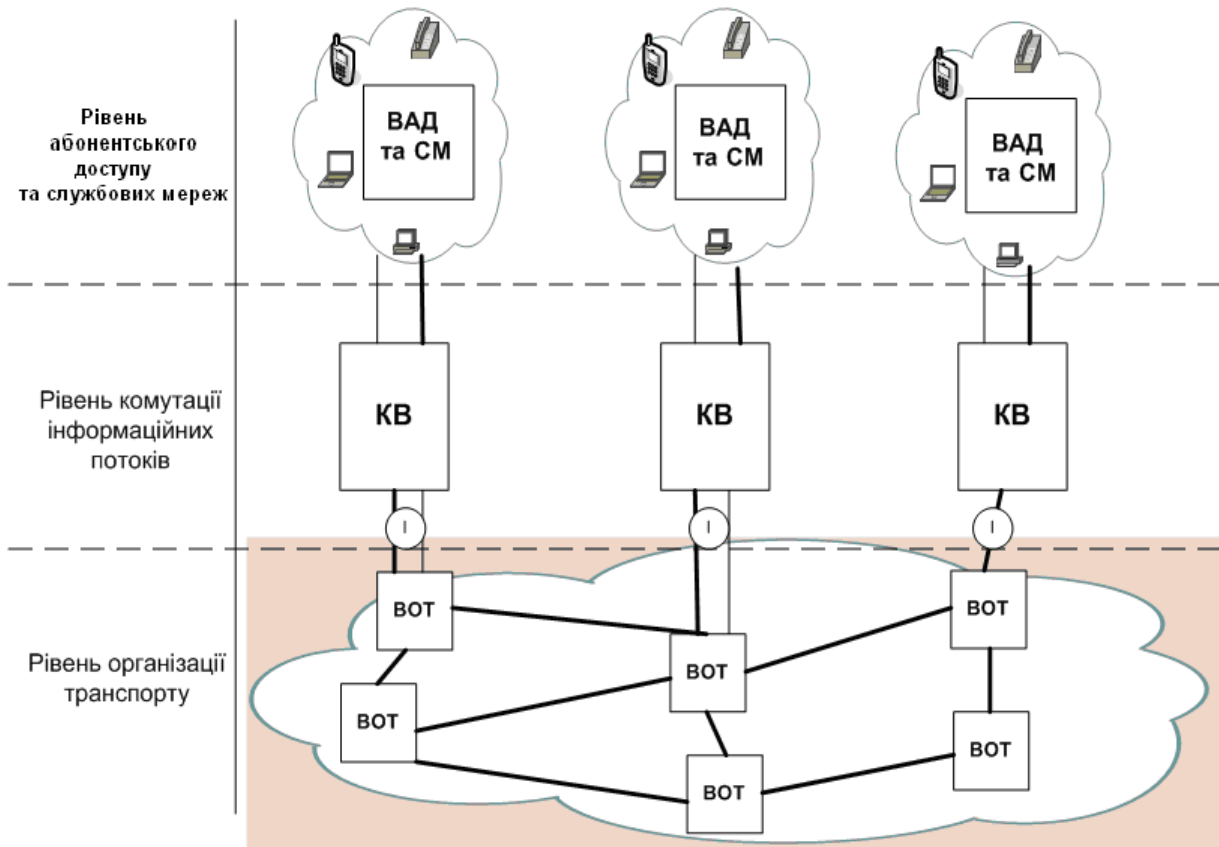
Фактичний розподіл архітектури вузлового центру на зазначені елементи (вузли) є вельми нетривіальним завданням і залежить від багатьох чинників (в тому числі й від того рішення, яке пропонує конкретний виробник обладнання). Так, наприклад, всі три вузли можуть бути частково або повністю реалізовані в межах одного апаратно-програмного комплексу. Яскравим прикладом можуть слугувати системи типу MSAN, які забезпечують організацію абонентського доступу, комутацію інформаційних потоків і мають вбудовані інтерфейси з підтримкою протоколів транспортного середовища.

Узагальнену модель мережі оператора телекомунікацій, яка базується на викладених вище засадах, зображено на рис. 2.

Основною ідеєю цієї моделі є чітке відокремлення транспортної мережі від інших компонентів у такий спосіб, щоби забезпечити можливість прозорого переходу на інші технології транспорту без модернізації комутаційних складових або мереж абонентського доступу за умов збереження набору інтерфейсів до комутаційних вузлів.

За приклад використання запропонованої моделі задля опису типової мережі GSM-оператора з використанням технології SDH [1,2,3,7] може слугувати схема, зображена на рис. 3.

Як видно з цієї схеми, обладнання одного типу може належати до різних рівнів в залежності від свого призначення (організація абонентських мереж чи організація взаємодії поміж вузловими центрами мережі оператора в цілому).



ВАД та СМ – вузол абонентського доступу та службових мереж КВ – комутаційний вузол ВОТ – вузол організації транспорту



Інтерфейси взаємодії комутаційного вузла та вузла організації транспорту

Рисунок 2 – Узагальнена модель мережі оператора

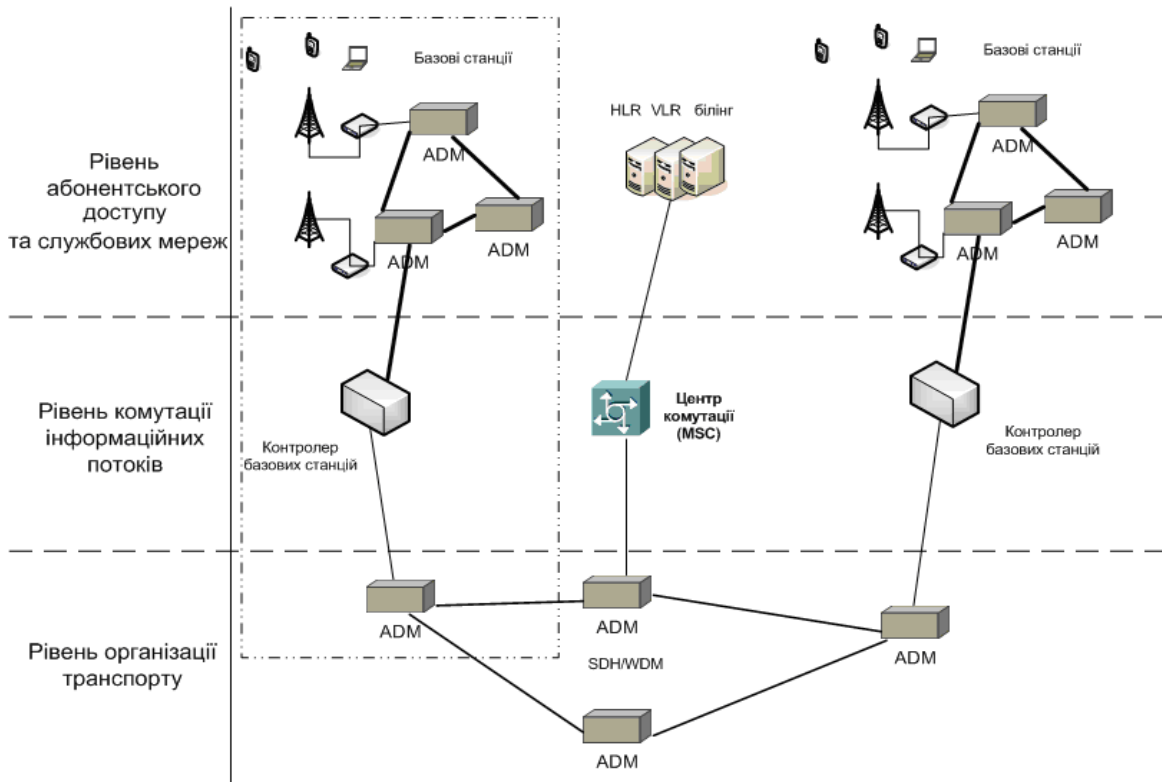


Рисунок 3 – Приклад використання запропонованої моделі для опису типової мережі GSM-оператора із використанням технології SDH

З метою визначення ролі того чи іншого обладнання, рівня організації транспорту в функціонуванні транспортної мережі все обладнання цього рівня пропонується поділити на два типи (рис. 4): обладнання організації транспорту (ООТ) та технічне обладнання забезпечення транспорту (ТОЗТ).

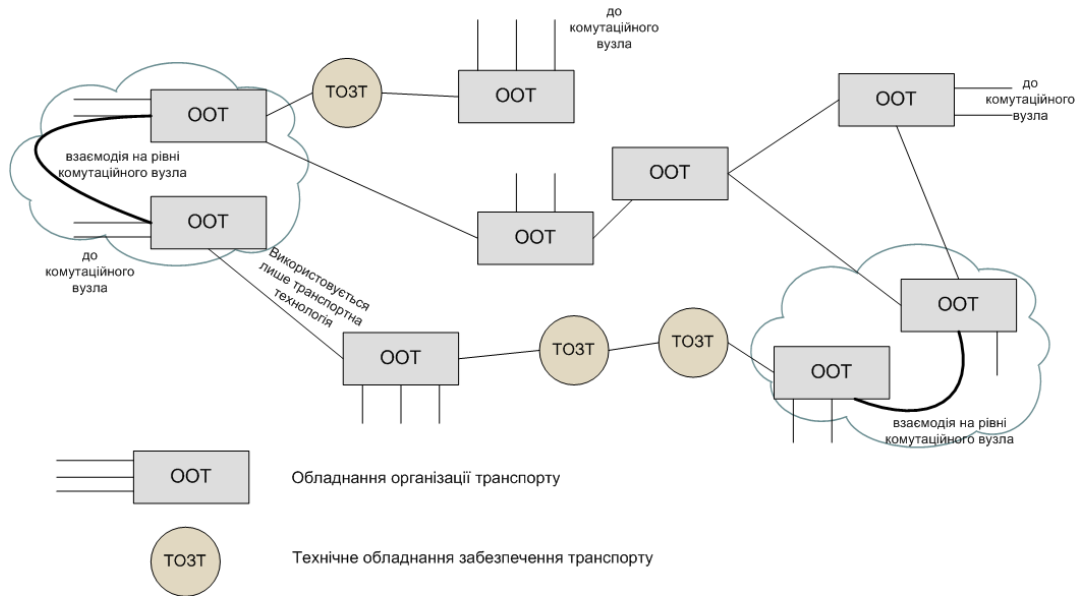


Рисунок 4 – Положення обладнання організації транспорту та технічного обладнання забезпечення транспорту в мережі оператора

Обладнання організації транспорту забезпечує організацію інтерфейсу між комутаційними вузлами та транспортним середовищем або бере участь в маршрутизації (комутації) інформаційних потоків засобами транспортної технології. Залежно від технології побудови мережі, а також типу інформації, що передається за її допомогою, можуть використовуватися різні набори інтерфейсів від ООТ до комутаційного вузла (E1, Ethernet тощо).

Технічне обладнання забезпечення транспорту використовується лише з метою поновлення сигналу на ділянці (каналі зв'язку) транспортної мережі оператора. Використовує лише два однотипні інтерфейси, які передбачають передавання інформації із застосуванням винятково внутрішньої транспортної технології. Зазначений тип обладнання може використовуватися на фрагментах, які сполучають два ООТ, два ТОЗТ або ООТ та інший ТОЗТ.

В основу оцінювання ефективності реорганізації транспортних мереж до перспективних технологій покладено засаду декомпозиції існуючої транспортної мережі оператора на незалежні сегменти з подальшим оцінюванням орієнтовної вартості та тривалості реорганізації кожного окремого сегмента до кожного з обраних перспективних наборів технологій. При цьому набір технологій, за допомогою яких здійснюється моделювання процесу реорганізації, обирається на підставі вимог, сформованих оператором до проектованої мережі.

В узагальненому вигляді процес оцінювання можна подати у вигляді алгоритму, який наведено на рис. 5. Цей алгоритм дозволяє на підставі аналізу технічних та економічних показників обрати серед заданих саме той набір технологій, який у конкретному випадку буде найбільш ефективним. Запропонований алгоритм можна умовно поділити на чотири основні частини:

- внесення вихідних даних стосовно існуючої транспортної мережі оператора та її декомпозиція на незалежні сегменти;
- формування вимог щодо власної мережі та визначення наборів перспективних технологій задля оцінювання реорганізації;
- визначення орієнтовної вартості та тривалості реорганізації для кожної пари «сегмент-набір технологій»;
- окреслення найбільш перспективного набору технологій на підставі порівнювання сумарних показників вартості та тривалості для кожного з перспективних наборів технологій.

Вихідними даними задля визначення найбільш перспективного, з точки зору мінімізації вартості та терміну реорганізації, набору технологій є інформація про структуру існуючої мережі,

вимоги оператора щодо проекрованої мережі, а також допоміжні дані (характеристики перспективних технологій, відомості про наявне на ринку телекомунікаційне обладнання (в тому числі його вартість, орієнтовний час інсталяції й налаштування) тощо).

Основою першої частини алгоритму є формування тривимірного масиву об'єктів, в якому представлено вузлові центри мережі, до складу яких входить набір обладнання, належного до рівня організації транспорту, кожний з яких, своєю чергою, містить масив інтерфейсів, спрямованих чи до іншого обладнання організації транспорту (іншого вузлового центру) чи то до вузла комутації. Проектувальник має поступово внести інформацію про структуру власної мережі, додаючи спочатку вузловий центр, потім обладнання (набори обладнання) рівня організації транспорту до цього вузлового центру та інтерфейси, спрямовані до вузла комутації чи то іншого вузла організації транспорту. При додаванні кожного нового об'єкта (вузлового центру, набору обладнання чи інтерфейсу) проектувальник має вносити загальну інформацію про цей об'єкт, яка може бути використана при моделюванні процесу реорганізації (розташування вузлового центру, характеристики набору обладнання, характеристики окремих інтерфейсів тощо).

Останнім кроком першої частини загального алгоритму є внесення інформації про взаємопідмінення між інтерфейсами обладнання організації транспорту, а також декомпозиція цього обладнання на незалежні сегменти транспортної мережі оператора.

Незалежний сегмент транспортної мережі являє собою сукупність елементів транспортної мережі оператора, що сполучає низку вузлових центрів в єдине транспортне середовище, яке взаємодіє з комутаційною складовою центрів з використанням того чи іншого набору інтерфейсів. Заміна технології побудови сегмента може бути прозоро виконана за умов використання тієї самої топології мережі та збереження інтерфейсів взаємодії з вузловими центрами.

Основою другої частини узагальненого алгоритму (дивись рис. 5) є процедура оцінювання відповідності тих чи інших наборів перспективних технологій до вимог, висунутих до проекрованої мережі, з подальшим формуванням переліку наборів технологій, які відповідають висунутим вимогам, або надання висновку щодо невідповідності жодної з перспективних технологій окресленим вимогам.

Набір технологій побудови транспортних мереж – сукупність технологій, механізмів та протоколів, що може використовуватися для організації прозорого транспортного середовища для транспортування певного набору видів навантаження (IP-трафік, цифровий потік тощо) через певний набір типів середовищ передавання інформації (волоконно-оптичні лінії зв'язку, радіоефір тощо) [1, 2, 5]. Залежно від конкретних особливостей реалізації той чи той набір технологій побудови транспортних мереж може перекивати кілька рівнів моделі OSI (від фізичного до мережного), але в кожному разі має забезпечувати прозоре транспортування навантаження мережного рівня та вище крізь мережу оператора.

До найбільш перспективних на сьогодні наборів технологій побудови транспортних мереж можна віднести такі: ipMPLS/SHD/DWDM, MPLS/SDH, G.MPLS, PBB/PBT, MPLS/PBB/PBT, Ethernet/DWDM, Ethernet/SDH, NG.SDH, NG.SDH/DWDM тощо [2-7]. З метою оцінювання того чи іншого набору технологій побудови транспортної мережі щодо вимог до якості обслуговування, що висуваються оператором, пропонується використовувати змінний набір критеріїв. Критерії, які можуть входити до цього набору, мають бути чітко сформульованими і мати можливість провести кількісне оцінювання будь-якої з технологій побудови транспортної мережі. В якості кількісної оцінки можуть виступати як натуральні показники (біт/с, секунда тощо), так і умовні (1 або 0 (у разі відповідності чи невідповідності технології до вимог критерію), бальна оцінка (наприклад від 1 до 10) тощо).

Зокрема до цього набору можуть входити такі критерії: пропускна здатність каналу зв'язку, максимальна довжина транспортної ділянки, час відновлення зв'язку, швидкість передавання корисної інформації, можливість керування навантаженням, підтримка резервування, ефективність керування, доступність обладнання, доступність спеціалістів, наявність готових впроваджень, рівень стандартизованості, сумісність із видами навантаження, сумісність із середовищем передавання, сумісність обладнання від різних виробників тощо [1, 2, 8].

Результатом роботи такої процедури має стати масив наборів перспективних технологій, що відповідають вимогам до проекрованої мережі, або надання висновку щодо невідповідності жодної з проаналізованих технологій до висунутих вимог.

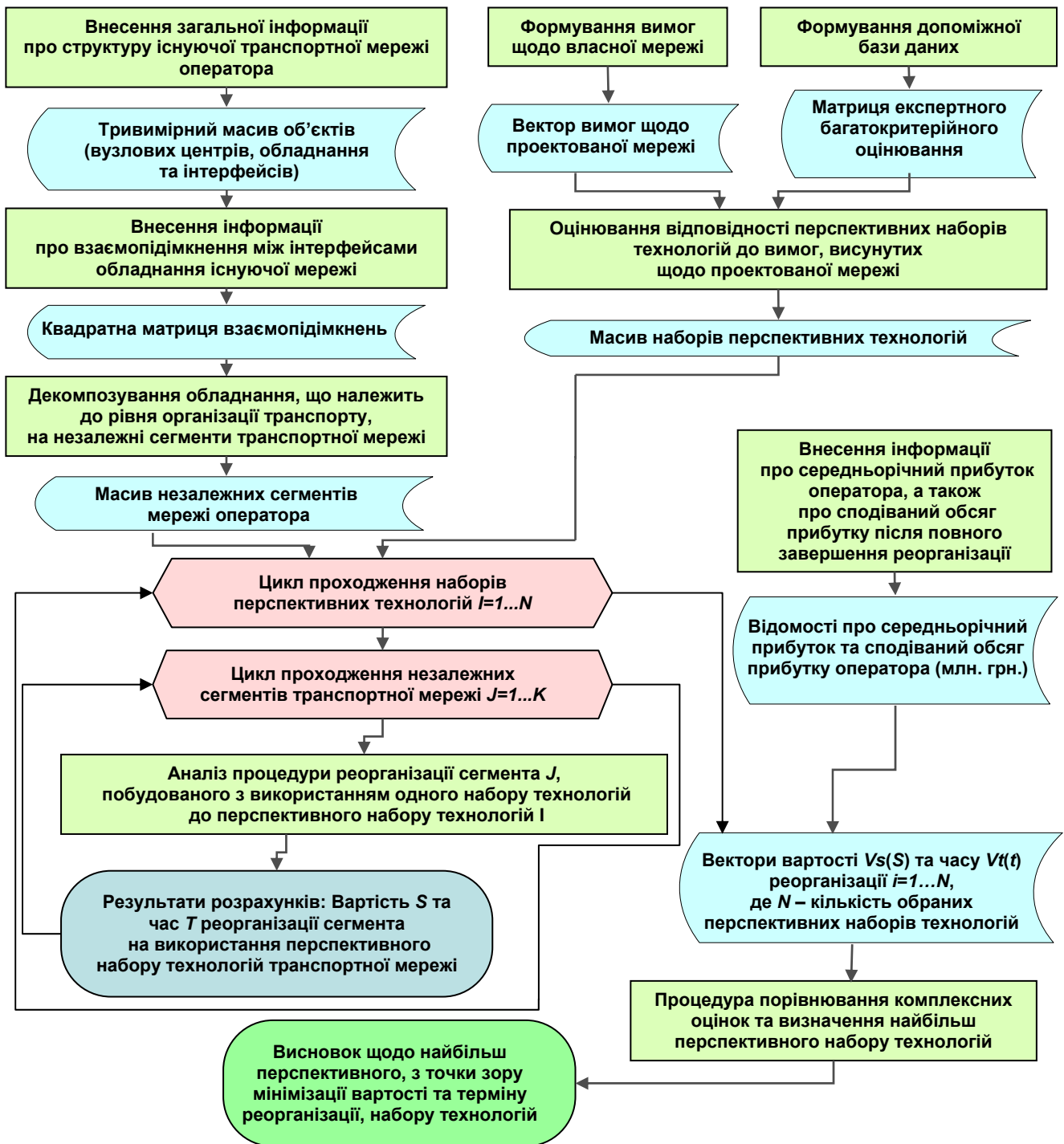


Рисунок 5 – Узагальнений алгоритм окреслення найбільш ефективного напрямку реорганізації транспортної мережі

Третій етап полягає в циклічному визначанні вартості S та часу (тривалості) T реорганізації кожного з незалежних сегментів існуючої транспортної мережі оператора до тієї чи іншої технології. Загальна максимальна вартість та тривалість реорганізації всієї мережі визначається як сума вартості та тривалості реорганізації кожного незалежного сегмента. Результатом роботи двох вкладених циклів, зображених на рис. 5, є вектори вартості $V_s \{S_i\}$ та часу $V_t \{T_i\}$ реорганізації $i = 1 \dots N$, де N – кількість обраних перспективних наборів технологій.

При розрахунку вартості та тривалості реорганізації незалежного сегмента порядок реорганізації має визначатися в такий спосіб, щоби мінімізувати вплив процесу реорганізації на працездатність конкретного незалежного сегмента та/чи на працездатність мережі в цілому.

Останнім кроком головного алгоритму (дивись рис. 5) є процедура порівнювання комплексних оцінок та визначання найбільш перспективного набору технологій. Результатом роботи процедури має стати звіт щодо рекомендованої послідовності реорганізації в розрізі кожного окремого сегмента транспортної мережі оператора, а також надання висновку щодо обраного перспективного набору технологій.

Слід зазначити, що закладені в основу пропонованого алгоритму засади можуть ефективно використовуватися лише за умов створення відповідної автоматизованої системи.

Своєю чергою створення такої системи є неможливе без максимально припустимої деталізації та пророблення кожної зі згаданих процедур. Отже, серед основних напрямів подальших досліджень є розроблення алгоритмів таких процедур як:

- декомпозиції обладнання на незалежні сегменти транспортної мережі;
- оцінювання відповідності тих чи інших наборів перспективних технологій щодо вимог висунутих до проєктованої мережі;
- визначання вартості та часу реорганізації кожного з незалежних сегментів існуючої транспортної мережі оператора до тієї чи іншої технології;
- порівняння комплексних оцінок та визначення найбільш перспективного набору технологій.

Висновки та результати:

1. Спроба оцінити ефективність переведення існуючих телекомунікаційних мереж на нові, перспективні набори технологій без проведення всебічного аналізу такої реорганізації, базуючись лише на порівнянні поверхневих характеристик цих наборів, часто призводить до прийняття хибних проєктних рішень.

2. Запропонована в роботі модель мережі оператора телекомунікацій дозволяє чітко відокремити транспортну складову мережі від інших компонентів у такий спосіб, щоби забезпечити можливість прозорого переходу на інші технології без модернізації комутаційних вузлів або мереж абонентського доступу.

3. Розроблено узагальнений алгоритм, що базується на декомпозиції складного завдання реорганізації мережі на більш прості складові, дозволяє оцінити технічні та економічні показники такої реорганізації.

4. Реалізація поставлених завдань, а також розробка чіткої методики та її програмної реалізації надасть операторові ефективний інструмент, який дозволить обрати перспективний напрям розвитку власних транспортних мереж на підставі комплексного аналізу ефективності реорганізації існуючої мережі до нових наборів технологій.

Література

1. *Стеклов В.К., Бирюков Н.Л.* Транспортные сети и системы электросвязи. Системы мультиплексирования: Учебник для студ. вузов по спец. "Телекоммуникации" / Под ред. В.К. Стеклова. – К.: 2003. – 352 с.:ил.
2. *Оптическая транспортная сеть и NGN / А.М. МЕККЕЛЬ // LIGHTWAVE Russian Edition [Электронный ресурс]. – 2006. – № 2. – Режим доступа: <http://www.lightwave-russia.com/magazines/12/18-23.pdf>.*
3. *Применение технологии SDH на сетях операторов мобильной связи / И. Ивашкин // Mobile [Электронный ресурс] – 2002. – № 3 (апрель). – с. 68. – Режим доступа: <http://www.netdialogue.com/files/articles/1800/SDH.pdf>.*
4. *Нурмиев М.* Опыт построения транспортных сетей операторов мобильной связи / М. Х. Нурмиев // Доклад на 4-й Международной конференции: Мобильная связь в России. Тенденции и перспективы развития [Электронный ресурс]. – М.: 2003. – Режим доступа: <http://www.netdialogue.com/files/articles/1865/Mobile.Moscow.03.2003.final.ppt>
5. *Эволюции сетей мобильной связи к 3-му поколению: транспортные решения / С. Коган // Мобильные телекоммуникации [Электронный ресурс]. – 2007. – № 5. – С. 28–38. – Режим доступа: http://www.mobilecomm.ru/pdf/2007/mtk_05-2007.pdf.*
6. *NGSDH: новые принципы измерений в современных системах передачи /*
7. *Бакланов И.Г. // [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.ngntest.ru/library/Applications/NGSDH.pdf>.*
8. *Платформа нового поколения для "Мобильных ТелеСистем" / В. Скляр // Сети и бизнес [Электронный ресурс]. – 2007. – № 5(36). – с. 28–38. – Режим доступа: <http://www.priocom.com/ru/press/publication/mtcbasis/>.*
9. *Interfaces for the Optical Transport Network // Implementers' Guide for ITU-T Rec. G.709. – 03.2003. – Режим доступа: http://www.itu.int/itudoc/itu-t/com15/implgd/imp9709_w9.doc.*