

УДК 339.03:658.015

Ю.А. Чуприна

*Київський національний університет будівництва і архітектури, Київ*

## ПОБУДОВА СИСТЕМИ ЯКОСТІ ОКРЕМИХ ОБ'ЄКТІВ РОБІТ ШЛЯХОМ ВНУТРІШНІХ ТА ЗОВНІШНІХ ЧИННИКІВ

*Визначення чинників формування якості будівельної продукції та розробка локальної моделі відтворення рівня якості виробничих процесів та продукції.*

**Ключові слова:** *будівництво, якість, системи, управління, контроль, модель, граф*

### Постановка проблеми

Питанням управління якістю на будівництві завжди приділяється значна увага. Розробляються нові методи і засоби, концепції і принципи управління якістю в будівництві. Але в період кризи різко все змінилося. Наукові ідеї, методи, моделі і засоби управління якістю, що розроблені для нормально функціонуючої економіки, в умовах нестійкої економіки не працюють.

Як написано в книгах з філософії життя: «якщо не можеш змінити обставини – значить, пристосовуйся до них». Це стосується і сучасного періоду. Потрібно навчитися жити в період кризи. Потрібно вміти реалізовувати нові моделі в управлінні якістю навіть в несприятливих умовах, пов'язаних з браком фінансових коштів, відсутністю висококваліфікованих робітників, нездатністю держави створювати сприятливі умови для бізнесу, недбайливістю чиновників і так далі.

### Мета статті

Метою статті є визначення та розподіл чинників формування якості будівельної продукції, яка впливає на остаточну якість певного об'єму будівельної продукції, відтворення та аналіз загальної картини якості виконання певного об'єму робіт.

### Виклад основного матеріалу

#### 1. Визначення чинників формування якості будівельної продукції

На загальну та остаточну якість певного (конкретного) об'єму будівельної продукції впливають:

1) Якість виконання роботи робітником, до якої належить:

- стала кваліфікація робітника (відсоток, на який в середньому робітник може підняти якість виробництва за звичайних обставин);

- заохочення робітника (обов'язковий відсоток, на який робітник може підняти якість виконання робіт за наперед узгоджену винагороду);

- ймовірність браку продукції у процесі виконання робіт (відсоток пов'язаний з можливістю випадкової помилки робітника, викликаного перевтомою або погіршенням стану здоров'я).

2) Якість ресурсів, що містить:

- якість застосовуваних матеріалів;
- ймовірність браку або нижчу за необхідну якість застосовуваних матеріалів.

3) Якість попередніх робіт, без яких неможливе виконання даних (сталий відсоток якості виконання робіт, що передують даним та обумовлюють їх якість).

4) Якість суміжних (паралельних) робіт.

5) Якість управління виконанням робіт, до якої належать:

- дотримання строків виконання робіт відповідно до технології виробництва та технологічних перерв;

- дотримання строків доставки матеріалів на виробництво;

- забезпечення відповідних умов роботи робітників.

6) Постійний контроль якості продукції, що містить:

- своєчасне виявлення виробничого браку продукції;

- своєчасний авторський контроль (за необхідності).

7) Застосування покращених технологій, що виключають високий відсоток браку під час виконання робіт (збереження певного відсотку якості).

8) Якість технологічного обладнання, що використовується в процесі виконання робіт.

Виходячи з характеру впливу на виробничий процес, усі наведені чинники можна умовно розділити на три основні групи:

1) *зовнішні фактори впливу;*

- 2) внутрішні фактори впливу;
- 3) початкові умови.

До перших слід віднести ті чинники, які не залежать від якості управління виробничим процесом або являють собою виключення, спрямовані на безпосереднє поліпшення якості виконання конкретного об'єму робіт, результат впровадження чи дії яких можна спрогнозувати з великою точністю.

До других слід віднести всі чинники, дія яких передбачена виробничим процесом та врахована в апараті його управління, однак не може бути точно спрогнозована за відсутності комплексного його аналізу в сукупності з іншими чинниками, що впливають на якість виконання даного об'єму робіт.

Початковими умовами є ті чинники, що не можуть бути змінені в процесі управління виробництвом та не є його результатом. Початкові умови мають бути аксіоматично прийняті та включені в структуру процесу управління якістю виробництва з тою чи іншою, але остаточною мірою впливу на конкретні його компоненти, якими є інші його чинники.

Що ж стосується якостей виконання суміжних об'ємів робіт, то вони не можуть бути віднесені до жодного із наведених вище чинників, оскільки залежать та формуються у комплексі з показником якості даного досліджуваного об'єму робіт.

Відтак, стає очевидним, що для відтворення та аналізу загальної картини якості виконання деякого об'єму робіт, необхідно представити усі його складові у формі складної структурованої

системи із заданою ієрархією. Беручи до уваги викладене, структурну модель формування будь-якого із її компонентів можна зобразити графічно, у вигляді схеми взаємодії даного компоненту з іншим, із урахуванням впливу основних можливих факторів (рис.1).

Побудова такої системи у цілому дасть повне уявлення про характер та міру взаємозв'язку показників якості окремих об'ємів робіт, а її аналіз дозволить впливати на ці показники шляхом зміни зовнішніх та внутрішніх чинників. Окрім того можливість виявлення впливу крайових умов на перерозподіл якості усієї системи дозволить встановити і контролювати необхідний і достатній рівень інших робіт, що необхідно виконати перед початком даних. Остання властивість системи, окрім того, даватиме точну оцінку якості попередніх робіт, що в свою чергу відобразатиме можливість чи неможливість досягнення встановленої (наперед заданої) якості поточних робіт.

### 2. Локальна модель відтворення рівня якості виробничих процесів та продукції

Користуючись моделлю формування будь-якого із компонентів якості продукції будівельного виробництва, запропонованої у п.1., визначимо, що являє собою кожен її елемент із суто математичної точки зору.

Для цього в подальшому додатково користуватимемось термінологією та математичним апаратом теорії графів, загальної топології та дискретної математики. Попередньо дамо деякі основні визначення і поняття з цих теорій.

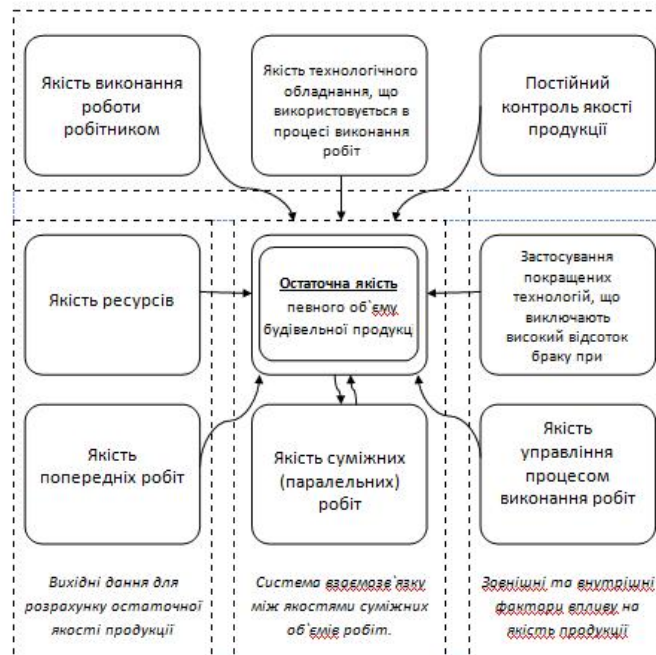


Рис.1. Модель формування компонентів з врахуванням впливу основних факторів

1. Графом  $G$  називається геометрична структура, утворена множиною розкиданих у просторі точок, що з'єднуються системою кривих, у загальному випадку. Ці точки називають *вершинами графа*, а криві – *ребрами графа*. Найзручнішою формою представлення графів є геометричний граф.

2. Геометричний граф у просторі  $\varepsilon^n$  – це множина  $V = \{v_i\}$  точок простору  $\varepsilon^n$  і множина  $E = \{e_i\}$  простих кривих, що задовільняють таким умовам:

- кожна замкнена крива в  $E$  містить тільки одну точку  $v$  множини  $V$ ;
- кожна незамкнена крива в  $E$  містить рівно дві точки множини  $V$ , які є її граничними точками;
- криві в  $E$  не мають спільних точок, за виключенням точок з множини  $V$ .

Виходячи із визначення, довільний геометричний граф може бути скорочено записаний так:  $G = (V, E)$ . Окрім того слід підкреслити, що множина кривих графа є підмножиною його вершин.

Якщо деякі дві вершини графа  $v_i$  та  $v_j$  сполучаються кривою  $e_i$  то говорять, що ці дві вершини – *суміжні*, а крива  $e_k$  – *інцидентне* вершинам  $v_i$  та  $v_j$ .

Тобто геометричний граф – геометрична конфігурація або структура в просторі  $\varepsilon^n$ , складена з множини точок, взаємопов'язаних множиною неперервних, самонеперетинаючихся кривих.

З точки зору топології геометричний граф являє собою деякий *комплекс розмірності  $n$*  простору  $\varepsilon^n$ . А всі криві геометричного графу є *ребрами* цього комплексу.

3. Степенем  $\eta(v_i) = \text{deg}(v_i)$  вершини  $v_i$  графа називається число ребер інцидентних цій вершині.

4. Існують *загальні (неорієнтовані)* або *орієнтовані* графи. У орієнтованих графах кожному ребру дається напрямок, тобто вказується яка вершина є першою, а яка другою. Ребра орієнтованого графа називають *дугами* або *стрілками*.

5. Два графа  $G_1$  та  $G_2$  є *ізоморфними* по відношенню один до одного, коли число ребер, що з'єднують будь-які вершини у  $G_1$ , дорівнює числу ребер, які з'єднують відповідні вершини у  $G_2$ .

6. Граф  $G_1$  називається *планарним*, якщо існує ізоморфний йому граф  $G_2$ , який може бути зображений на площині без перетину ребер. В будь-якому іншому випадку граф є *непланарним*.

7. Якщо кожній вершині  $v_i$  графа поставлено у відповідність деяке число  $b_i$ , то даний граф називається *графом зі зваженими вершинами* або просто *зваженим графом*.

Для прикладу, на рис.2 показано два планарних графа, форма запису яких відповідає загальноприйнятій: а) загальний граф  $G_A = (V_A, E_A)$ , де  $V_A = \{v_{A1}, v_{A2}, v_{A3}, v_{A4}\}$  і  $E_A = \{e_{A1}, e_{A2}, e_{A3}, e_{A4}, e_{A5}\}$ , та

б) орієнтований граф  $G_B = (V_B, E_B)$ , де  $V_B = \{v_{B1}, v_{B2}, v_{B3}, v_{B4}, v_{B5}\}$  і  $E_B = \{e_{B1}, e_{B2}, e_{B3}, e_{B4}, e_{B5}, e_{B6}, e_{B7}\}$ .

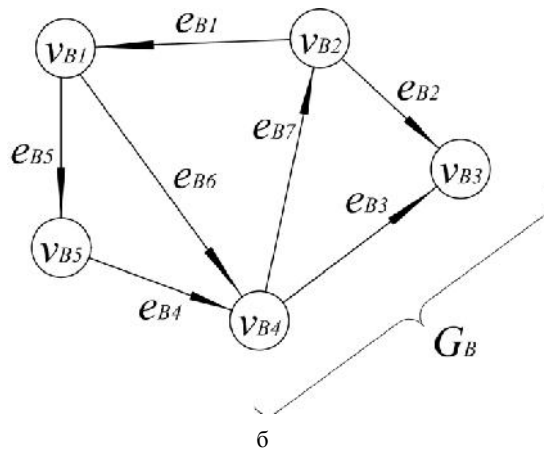
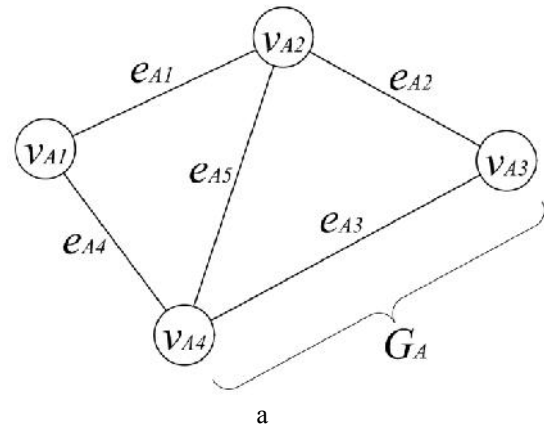


Рис.2 Орієнтовний граф

Користуючись викладеною теоретичною базою, представимо показник деякого конкретного  $i$ -го показника якості визначеного об'єму будівельних робіт, а також показники якості супутніх (паралельних) з даною  $N$  робіт аналогічного об'єму, як деяку вершину  $v_i$  геометричного графа  $G$  та  $N$  суміжних із даною вершин  $v_1, v_2, \dots, v_N$ . Виділимо лише ті криві графа, що є інцидентними суто вершині  $v_i$ , причому самі криві являтимуть собою саме ребра, оскільки суміжні якості впливатимуть одна на одну ідентично, а значить задавання пріоритету вершин не доцільне.

На цьому етапі аналізу вважатимемо, що на досліджуваній показник якості (тут і надалі позначатимемо його  $\xi_i$ ) не впливатимуть жодні з зовнішніх та внутрішніх чинників, а також якість сировини, використаної в процесі виробництва. За таких умов шуканий показник якості обумовлюватиметься виключно показниками якості суміжних робіт і визначатиметься як середньозважене їх значення, а саме:

$$\xi_i = \sum_{j=1}^N \xi_j / N. \quad (1)$$

Фрагмент графу, що відповідає виразу (1) зображено на рис. 3.

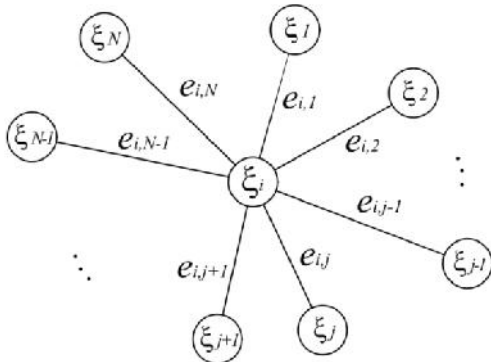


Рис.3. Загальний граф на який не впливають зовнішні і внутрішні чинники

*Примітка:* тут і надалі стандартне позначення вершин графів  $v_i$  буде замінено на умовне позначення досліджуваних явищ чи процесів (в нашому випадку показником якості  $\xi_i$ ), інтерпретованих відповідними вершинами.

Якщо припустити, що якість даного фрагмента враховуватиме ще й якість сировини (тут і надалі позначатимемо її  $\Xi_M$  – від англ. materials), з якої його виготовлено, то формула (1) набуває такого вигляду:

$$\xi_i = \left( \sum_{j=1}^N \xi_j + \Xi_M \right) / (N + 1). \quad (2)$$

Зображення фрагмента графу, що відповідає виразу (2), показано на рис.4.

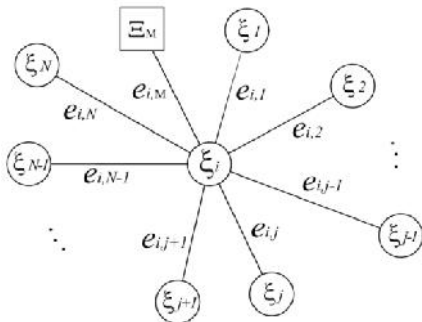


Рис.4. Загальний граф, на який впливає якість сировини

*Примітка:* тут і надалі вершину графа, що відповідатиме якості сировини, зображатимемо, як і вихідні умови, у формі прямокутника.

Розглянемо тепер деякий  $i$ -й показник якості визначеного об'єму будівельних робіт, вважаючи, що останній залежить не тільки від суміжних робіт і якості сировини, а й від попередніх робіт (тут і надалі позначатимемо їх  $\Xi_{wp}$  – від англ. work, де  $p=1,2,\dots, K$ ). У такому випадку до  $i$ -ї

вершини графа, що є інтерпретацією  $i$ -го показника якості, необхідно буде додати множину вершин, які відповідатимуть початковим умовам (див. п.1.). Тоді на формування показника якості даного об'єму робіт впливатиме  $R$  початкових умов:

$$R = K + 1, \quad (3)$$

де  $K$  – кількість попередніх робіт, що впливають на якість даної.

Відтак формула для розрахунку шуканого показника якості за таких умов набуває такого вигляду:

$$\xi_i = \left( \sum_{j=1}^N \xi_j + \sum_{p=1}^K \Xi_{wp} + \Xi_M \right) / (N + R). \quad (4)$$

Зображуючи вершини відповідні початковим умовам у формі прямокутників, одержимо видозмінений фрагмент графу, що графічно інтерпретує зв'язок між компонентами формули (2) зображено на рис.3.

У випадку, коли вплив якості сировини на дану якість настільки несуттєвий, що її величиною можна знехтувати, або просто не включати у процес утворення даної якості, формула (3) дещо спрощується:

$$\xi_i = \left( \sum_{j=1}^N \xi_j + \sum_{p=1}^K \Xi_{wp} \right) / (N + K) \quad (5)$$

Наведення відповідного до виразу (5) фрагмента графу не є доцільним, оскільки являє собою окремий випадок підграфу виразу (4) (рис.5).

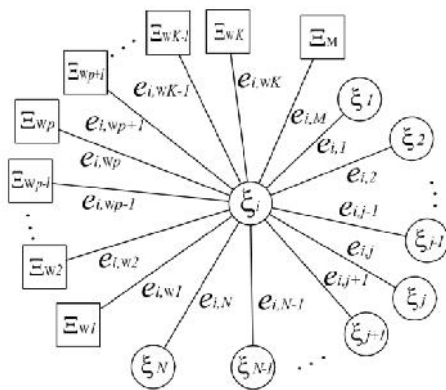


Рис.5. Видозмінений фрагмент графу

Очевидно, що система, яка відображуватиме зв'язок між усіма показниками якості окремих частин деякої будівельної продукції або процесу, інтерпретуватиметься одним загальним зв'язним графом, окремі фрагменти якого описуватимуться рівняннями типу (1) – (5), залежно від топологічних особливостей цих фрагментів або, оперуючи термінами теорії графів, – *підграфів*.

Із наведеного можна викласти елементарний алгоритм розрахунку відсотку якості окремих компонентів (об'ємів) досліджуваного

виробничого процесу або продукції, виходячи із припущення, що на формування показників якості не впливають жодні з додаткових зовнішніх або внутрішніх чинників (див. рис.1).

Такий алгоритм даватиме лише наближене уявлення про загальну картину якості, та матиме нижченаведену послідовність.

1. Досліджуваний процес, або об'єм будівельної продукції, що має бути виконано та попередньо спрогнозовано, необхідно умовно розбити на окремі компоненти однакового об'єму або розміру. У даному випадку слід максимально ретельно підходити до питання розбиття, оскільки даний алгоритм передбачає, що усі компоненти системи взаємодіють з однаковою мірою, причому не важливо наскільки великими є об'єми (навіть якщо мова йде про якість виконання цілих захваток або комплексів робіт), головним є виконання вимоги щодо однорідності робіт, процесів чи продукції та однаковості їх об'ємів.

2. Відповідно до виконаного розбиття, необхідно побудувати загальний інтерпретаційний граф відображення зміни якості по всьому об'єму досліджуваної продукції, використовуючи підграфи відповідні рівнянням (1)–(5). Слід чітко контролювати топологію графу (послідовність та кількість зв'язків між вершинами), оскільки остання відповідатиме за загальний перерозподіл якості остаточної готової продукції.

3. Відповідно до топології побудованого графу, необхідно скласти систему рівнянь типу (1.1)–(1.5), кожне з яких має відповідати окремій вільній вершині цього графу (вільними прийнято називати вершини, що не інтерпретують крайові або вихідні умови). Необхідно зазначити, що кожне із застосованих рівнянь (1), (2), (4) та (5) відповідно має бути попередньо зведене до неявної форми запису, а саме:

$$N \cdot \xi_i - \sum_{j=1}^N \xi_j = 0, \quad (6)$$

$$(N + I) \cdot \xi_i - \sum_{j=1}^N \xi_j - \Xi_M = 0, \quad (7)$$

$$(N + R) \cdot \xi_i - \sum_{j=1}^N \xi_j - \sum_{p=1}^K \Xi_{Wp} - \Xi_M = 0, \quad (8)$$

$$(N + K) \cdot \xi_i - \sum_{j=1}^N \xi_j - \sum_{p=1}^K \Xi_{Wp} = 0. \quad (9)$$

4. Одержана система рівнянь має налічувати Q рівнянь та Q невідомих. Розв'язання даної системи відносно невідомих показників якості окремих фрагментів (об'ємів) продукції дасть можливість оцінити їх рівень та проаналізувати можливість подальших корегувань граничних умов

системи з метою досягнення бажаного рівня якості в тій чи іншій області досліджуваної продукції чи процесу.

## Висновок

Головною метою створення системи формування та взаємодії якості різних взаємозв'язаних об'ємів виробництва є можливість прогнозування, впливу та контролю шляхом внесення своєчасних коректив, як на загальну якість виробничого процесу і результуючу продукцію – глобально, так і на окремі її компоненти – локально.

Розроблено систему якості окремих об'єктів робіт шляхом внутрішніх та зовнішніх чинників, яка дозволяє вести розрахунок окремих будівельних робіт та будівництва в цілому.

Реалізація поставленої мети має спиратися на створення зручного та гнучкого математичного апарату, що дозволить моделювати досліджувані процеси виходячи із загальноновиробничого досвіду користувача, без затрат на фактичне відтворення цих процесів.

## Список літератури

1. Вакуленко А. В. Управління якістю: Навч.-метод. посіб. для самос.вивч. дисц. – К.: КНЕУ, 2004 -167с.
2. Современный взгляд на системы качества и их развитие. // Стандарты и качество. -2000, № 1. - С.25-26.
3. Трофимов К. В. Міжнародні стандарти з управління якістю ISO 9000 в Україні. // Стандартизація, сертифікація, якість. - 2001, № 2. - С.23-25.
4. Управление качеством / Под ред. проф. С.Д. Ильенковой. - М.: Издательское объединение Юнити, 2000.
5. Фатхутдинов Р.А. Менеджмент конкурентоспособности товара. - М.: Бизнес-школа Интел-Синтез, 2001.
6. Фатхутдинов Р.А. Стратегический менеджмент: Учебное пособие. -М.: Бизнес-школа Интел-Синтез, 1999.
7. Харрингтон Дж. Управление качеством в американских корпорациях. - М.: Экономика, 2000.
8. Швиданенко Г.О., Оголь О.В., Заїкіна В.В. Приватизація державних підприємств: навчальний посібник. - К.: ІЗМН, 2001.
9. Шаповал М.І. Основи стандартизації, управління якістю і сертифікації. -К.: Видавництво Європейського університету, 2001. - 174 с.

Стаття надійшла до редколегії 21.12.2011

**Рецензент:** д-р техн. наук, проф. В.О. Поколенко, Київський національний університет будівництва і архітектури, Київ.