



Скрипник А. Л.



Литвиненко О. В.



Боліла Н. В.



Новак Є. В.

Скрипник А.Л., канд.економ. наук, виконуючий обов'язки директора ДП «НДІБМВ», вул. Костянтинівська, 68, 04080, Київ, Україна
Литвиненко О.В., аспірант кафедри організації і управління будівництвом КНУБА, ✉ at006223@gmail.com ☎ +38 067 247-58-41. Київський національний університет будівництва та архітектури Повітрофлотський просп., 31, Київ, 03680, Україна
Боліла Н.В., старший викладач кафедри економіки будівництва КНУБА, ✉ nadezda.bolila@gmail.com ☎ +38 093 809-99-55. Київський національний університет будівництва та архітектури Повітрофлотський просп., 31, Київ, 03037, Україна
Новак Є.В., аспірантка кафедри організації і управління будівництвом КНУБА, ✉ zhenka210792@gmail.com ☎ +38 066 643-17-01. Київський національний університет будівництва та архітектури Повітрофлотський просп., 31, Київ, 03680, Україна

A. Skripnik, PdH of Economics, Acting Director of SE «NDIBMV», street Konstantinovskaya, 68, 04080, Kyiv, Ukraine
O. Lytvynenko, graduate student of the Department of Organization and Management of Construction KNUBA, ✉ at006223@gmail.com ☎ +38 067 247-58-41. Kyiv National University of Construction and Architecture Povitroflotskyi Ave., 31, Kyiv, 03680, Ukraine
N. Bolila, Senior Lecturer, Department of Construction Economics KNUBA, ✉ nadezda.bolila@gmail.com ☎ +38 093 809-99-55. Kyiv National University of Construction and Architecture Povitroflotskyi Ave., 31, Kyiv, 03037, Ukraine
E. Novak, graduate student of the Department of Organization and Management of Construction KNUBA, ✉ zhenka210792@gmail.com ☎ +38 066 643-17-01. Kyiv National University of Construction and Architecture Povitroflotskyi Ave., 31, Kyiv, 03680, Ukraine

ВИБІР І ВИКОРИСТАННЯ КОНТРОЛЬНИХ КАРТ У БУДІВНИЦТВІ

SELECTION AND USE OF CONTROL CARDS FOR CONSTRUCTION

ВЫБОР И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОНТРОЛЬНЫХ КАРТ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Анотація. Запропоновано використовувати методи статистичного управління процесами (SPC) для оцінювання параметрів будівництва і управління ними. Крім широко розповсюджених карт Шухарта, розглядаються випадки потреби у застосуванні інших засобів контролю, а саме: карти Хотелінга (при виявленні кореляції між досліджуваними параметрами процесу), карти накопичених сум (CUSUM-карти використовуються для виявлення малих поступових зсувів і відхилень від середніх значень процесу), карта ковзних середніх (MA-карта та EWMA-карта - використовуються для виявлення малих трендів у розвитку процесу), регресійні контрольні карти (RK карти - дозволяють виявити спостереження, які сильно відхиляються від середнього за вибіркою), контрольні карти Парето (використовують для виявлення чинників, які найбільше впливають на зміну якостей досліджуваного параметру). Наведено алгоритм вибору контрольних карт для оцінювання параметрів будівництва в залежності від цілей контролю і якостей оцінюваних показників.

Ключові слова: методи статистичного управління процесами, карти Шухарта, контроль якості, будівництво.

Abstract. It is proposed to use methods of statistical process control (SPC) to estimate the parameters of construction and management. In addition to the widespread Shewhart maps, we consider cases of the need to use other means of control, namely: Hotelling maps (when detecting correlations between the studied process parameters), maps of accumulated amounts (CUSUM-maps are used to detect small gradual shifts and deviations from average process values), moving average map (MA-map and EWMA-map - used to detect small trends in the development of the process), regression control maps (RK maps - allow you to detect observations that deviate greatly from average sample), Pareto control charts (used to identify the factors that most affect the change in the qualities of the studied parameter). The algorithm of the choice of control cards for estimation of parameters of construction depending on the purposes of the control and qualities of the estimated indicators is resulted.

Keywords: methods of statistical process control, Shewhart maps, quality control, construction.

Аннотация. Предложено использовать методы статистического управления процессами (SPC) для оценки параметров строительства и управления ими. Помимо широко распространённых карт Шухарта, рассматриваются случаи необходимости в применении других средств контроля, а именно: карты Хотеллинга (при выявлении корреляции между исследуемыми параметрами процесса), карты накопленных сумм (CUSUM-карты используются для выявления малых постепенных сдвигов и отклонений от средних значений процесса), карта скользящих средних (MA-карта и EWMA карты - используются для обнаружения малых трендов в развитии процесса), регрессионные контрольные карты (RK карты - позволяют выявить наблюдения, сильно отклоняются от среднего по выборке), контрольные карты Парето (используют для выявления факторов, которые больше всего влияют на изменение качеств исследуемого параметра). Приведён алгоритм выбора контрольных карт для оценки параметров строительства в зависимости от целей контроля и качеств оцениваемых показателей.

Ключевые слова: методы статистического управления процессами, карты Шухарта, контроль качества, строительство.

Постановка проблеми

Перед тим як удосконалювати бізнес-процеси, які здійснюються у межах зведення окремих будов або об'єктів, потрібно перш за все визначити чи мають відхилення ходу будівництва за параметрами якості, вартості, трудомісткості та термінів керований або некерований характер. Якщо варіації відхилень названих параметрів не виходять за межі статистичної керованості, то удосконалення процесу може здійснюватись у рамках звичайної діяльності виконавців окремих видів буді-

вельних робіт та процесів. Якщо процес має некерований стан, то перш за все необхідно виявити причини відхилень, фактори впливу на процес і вже потім приймати рішення щодо усунення або запобігання негативним впливам.

Одним із найбільш ефективних інструментів виявлення некерованих відхилень є карти Шухарта (у випадку відсутності варіації між параметрами процесу) і Хотелінга (у випадку наявності варіації між параметрами процесу), які відносять до методів статистичного управління процесами (SPC). Конт-

рольні карти дозволяють здійснювати постійний контроль і оцінку відхилень параметрів від планового рівня. Вони можуть застосовуватися на підприємствах, як запобіжні заходи виробництва неякісної продукції, що в цілому забезпечує статистичне управління якістю продукції і процесами на стадіях виробництва, не вимагає контрольних перевірок і виключає випуск браку [9].

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Методи контролю якості продукції за допомогою контрольних карт вивчали наступні вчені: Уолтер Шухарт, Саката Сіро, Дональд Уилер, Девід Чамберс, Роскладка А.А., Божко В.І., Дядюра К.О., Нагорний В.М., Бондаренко О.С. та інші вчені. Важливість застосування методів контролю якості у будівництві підкреслюється у працях [10-12].

Перша контрольна карта Шухарта була опублікована в 1924 р, коли розробник запропонував ідею управління технологічними процесами та виявлення некерованих змін з метою запобігання виникненню невідповідностей їх розвитку. А вже у 1931 р у Уолтера Шухарта вийшла перша монографія «Економічний контроль якості продукції»[2].

Шухарт запропонував не тільки новий інструмент контролю якості, а нову концепцію, згідно якої якість повинна забезпечуватись процесом, а не тільки контролем результатів. До цього відділи контролю якості просто виявляли браковану продукцію, вилучали її або намагалися привести до стандартів, тобто працювали вже із результатом процесу виробництва. Після публікації карт Шухарта виникла ідея про упереджувальне управління характеристиками процесу. Шухарт запропонував процедуру, названу циклом PDCA, який складається з 4-х етапів: Plan – Do – Check – Act. (Планування – Виконання – Перевірка – Вплив). Управління процесом полягає в багаторазовому повторенні цього циклу з метою підтримки процесу в стійкому стані або поліпшення процесу [4].

Зараз контрольні карти Шухарта широко використовують на підприємствах для виявлення чинників якості продукції [3; 5], оцінки технологічних процесів [3, 5-7], для моніторингу та оцінки стану управління фінансами підприємств [8] та контролю дебіторської заборгованості.

Формулювання цілей статті (постановка завдання)

Здійснити огляд підходів щодо контролю якості продукції за допомогою контрольних карт та запропонувати послідовність проведення такого контролю для різних параметрів будівництва.

Виклад основного матеріалу дослідження

Контрольні карти це зручний і інтуїтивно зрозумілий інструмент контролю якості та виявлення некерованих змін процесу. У даний час існує міжнародний стандарт ISO під назвою «Контрольні карти Шухарта» і

його аналог – вітчизняний стандарт ДСТУ ISO 7870-2:2016 (ISO 7870-2:2013, IDT) «Статистичний контроль. Карти контрольні. Карти Шухарта».

Наразі існує велика кількість карт, призначених для контролю за різними ознаками. Усі контрольні карти Шухарта можна розділити на дві великі групи у залежності від призначення[3]:

1. Контрольні карти на основі статистичних оцінок. До них віднесені контрольні карти для регулювання за кількісними ознаками (контрольна карта для середніх значень і розмаху - (\bar{x} -R), контрольна карта для медіани і розмаху - (\bar{X} -R), контрольна карта для окремих значень вимірюваних величин - (x)); контрольні карти для регулювання за якісними ознаками (контрольна карта для частки дефектних виробів, контрольна карта для числа дефектних виробів, контрольна карта для числа дефектів - z-карта, контрольна карта для числа дефектів, припадають на одиницю виробу - u-карта); інші види контрольних карт (Контрольна карта, що використовує граничні значення допуску, контрольна карта для середніх значень і середніх квадратичних відхилень, контрольна карта для крайніх значень, контрольна карта для змінного середнього і змінного розмаху).

2. Контрольні карти в залежності від сфери застосування: контрольні карти для регулювання технологічних процесів і контрольні карти для аналізу технологічних процесів.

Зараз розроблено багато модифікацій карт Шухарта та карти для окремих випадків відхилень параметрів процесу, які не завжди можуть бути виявлені за допомогою карт Шухарта, а саме: карти Хотелінга (при виявленні кореляції між досліджуваними параметрами процесу), карти накопичених сум (CUSUM-карти використовуються для виявлення малих поступових зсувів і відхилень від середніх значень процесу), карта ковзних середніх (MA-карта та EWMA-карта - використовуються для виявлення малих трендів у розвитку процесу), регресійні контрольні карти (RK карти - дозволяють виявити спостереження, які сильно відхиляються від середнього за вибіркою), контрольні карти Парето (використовують для виявлення чинників, які найбільше впливають на зміну якостей досліджуваного параметру).

Виходячи із широкого розуміння поняття, контрольна карта (control chart) - це графік (діаграма), на який послідовно в порядку відбору вибірок наносяться значення статистичного показника, який обчислюється за вибірковими даними. Графік використовують для аналізу та управління процесом з метою оцінки і подальшого зменшення мінливості досліджуваного статистичного показника. Приклад контрольної карти наведено на рис. 1.

Контрольна карта - це інструмент для візуалізації та оцінки мінливості процесу і його результатів. Мінливість результатів виникає внаслідок мінливості (варіації) факторів, що визначають хід процесу (мінливість вихідних

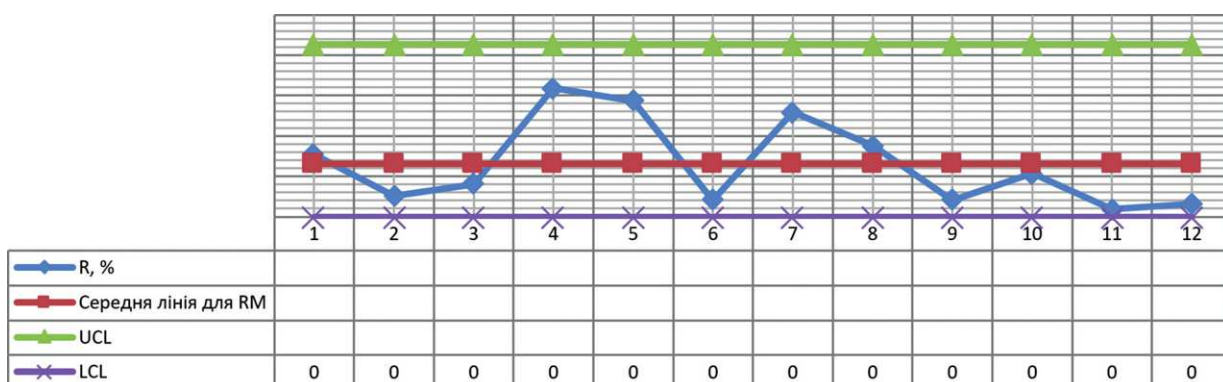


Рис. 1. Контрольна карта Шухарта (на прикладі контролю дебіторської заборгованості підрядного будівельного підприємства)

матеріалів, методів виконання робіт і використовуваного обладнання, навичок працівників і прийомів керівництва ними, методів перевірки результатів).

Кожен виробничий або технологічний процес має певну мінливість, внаслідок дії на нього безлічі факторів. Контрольні карти допомагають розрізнити два види мінливості, а саме: мінливість, викликана загальними (випадковими) причинами і мінливість, викликана спеціальними не випадковими, особливими причинами, які викликають відчутні зміни в процесі. Саме особливі причини реєструються контрольної картою. Для виявлення не випадкової мінливості використовуються контрольні межі UCL і LCL. Ознакою статистично керованого стану процесу є відсутність на контрольній карті точок за контрольними межами (рис.2) [4].

Існують наступні види карт Шухарта, які рекомендується використовувати для окремих випадків (табл. 1).

Виходячи з завдання дослідження, головними етапами вибору контрольної карти стали (рис.1):

1. Оцінка параметрів процесу, який підлягає оцінці якості, відбір ключових показників, які будуть використовуватись для оцінки якості. Визначення характеристик обраних показників (один або декілька показників, вимірюються кількісно або якісно, чи мають між собою кореляційний зв'язок тощо) (блоки 1-4);

2. У випадку, якщо досліджувані параметри можна описати тільки якісно, визначається кількість спостережень та обсяг

вибірки (змінюється чи не змінюється). У залежності від обраних характеристик процесу і способу вимірювання якості обирається тип карти серед \bar{p} -, pn -, u - і c - карт (блоки 7-10).

3. Якщо вихідні дані мають кількісні характеристики, то спочатку визначають можливу кількість спостережень (обсяг вибірки n). У випадку, якщо $n > 1$, то визначається, чи мають контрольовані показники між собою високий ступінь кореляційного зв'язку, чи змінюється обсяг вибірки, і на основі цих даних приймається рішення про вибір типу карти (блоки 2-6).

Наведена на рис. 1 послідовність дослідження дозволить найкращим чином, обґрунтовано здійснити вибір методів контролю параметрів будівництва.

Висновки і перспективи подальших досліджень

Контрольні карти є широко розповсюдженим інструментом контролю якості продукції, який добре зарекомендував себе на практиці та підтверджує свою користь вже майже сторіччя. Використання контрольних карт для контролю якості процесів будівництва, починаючи від традиційних сфер застосування (контроль якості будівельних матеріалів, якості сварних швів, бетонування тощо) і закінчуючи новими (контроль грошових потоків за проектом службами замовника, контроль дебіторської і кредиторської заборгованостей, фінансової стійкості підрядних будівельних підприємств тощо) є перспективним напрямком досліджень.

Таблиця 1.

Види контрольних карт Шухарта (складено авторами на основі [1-15])

№ пп	Позначення	Призначення, особливості
1	$\bar{x}-S$ – карти	Контроль кількісних показників, для кожного показника потрібно розраховувати окрему карту, тому рекомендовано обмежувати їх кількість, обираючи більш важливі.
2	$\bar{x}-R$ – карти	Контроль кількісних показників, є більш простою, зручною і менш точною, ніж попередній тип карт.
3	$\bar{x}-MR$ – карти	Використовують, якщо кількість спостережень є невеликою.
4	P – карти	Можна одночасно контролювати декілька параметрів, обсяг вибірок може змінюватись
5	Pn – карти	Можна одночасно контролювати декілька параметрів, обсяг вибірки є сталим.
6	U – карти	Виявлення числа дефектів у виробках різного розміру, обсяг вибірок також може бути різним
7	c – карти	Виявлення числа дефектів у виробках однакового розміру, обсяг вибірок також має бути однаковим
8	$T2$ – карти	Використовуються у разі кореляційного зв'язку між факторами
9	CUSUM	Використовуються для виявлення малих поступових зсувів і відхилень від середніх значень процесу
10	MA, EWMA	Виявлення трендів у розвитку процесу
11	RK	Дозволяють виявити окремі точки, які сильно відхиляються від середнього за вибіркою
12	карти Парето	Використовують для виявлення чинників, які найбільше впливають на зміну якостей досліджуваного параметру

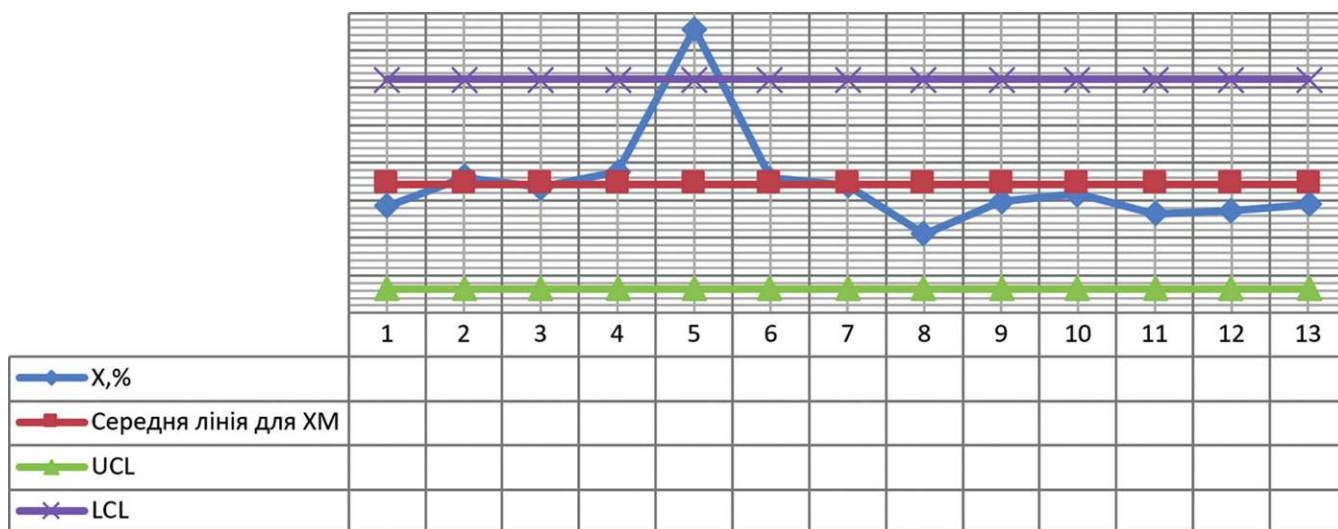
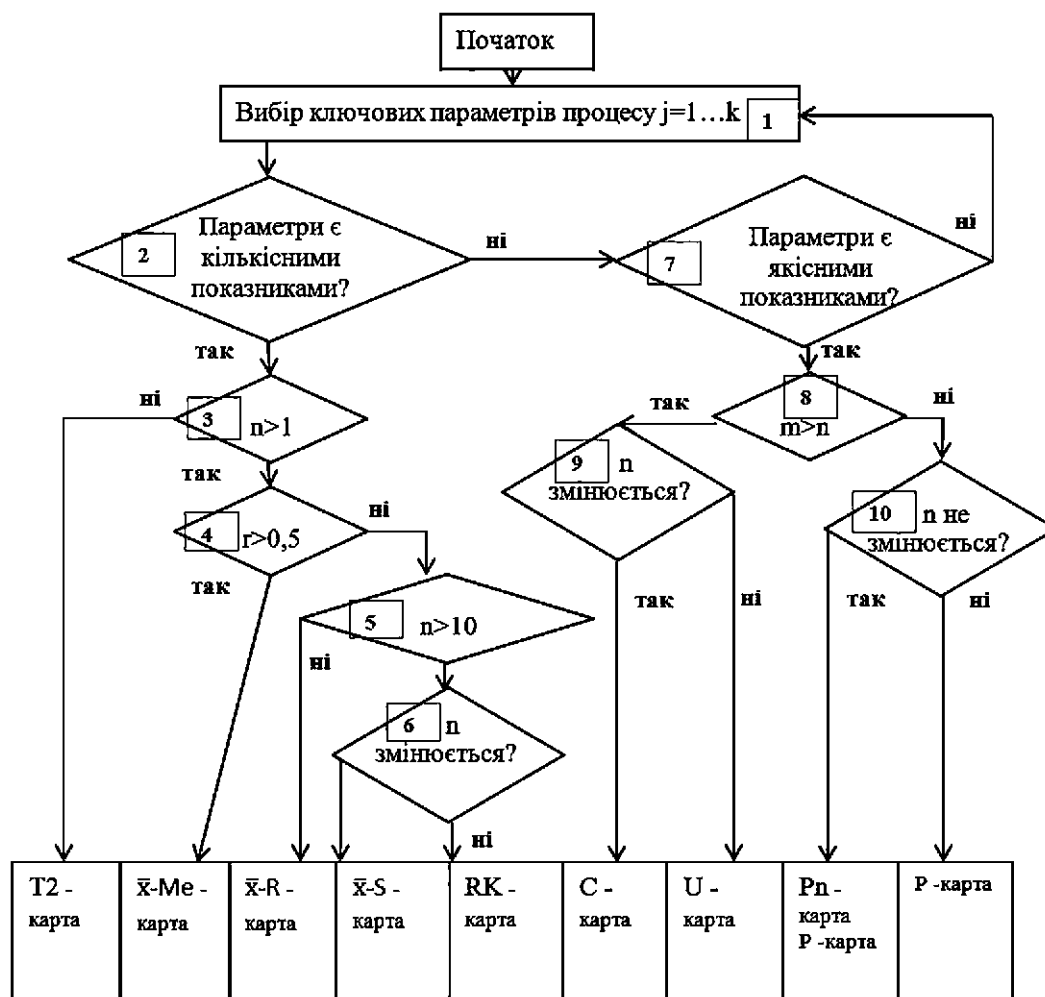


Рис. 2. Контрольна карта Шухарта (вихід точки 5 за межі контрольних значень)



Умовні позначення

n – обсяг вибірки; j – параметри ($j = 1 \dots k$); m – кількість спостережень; r – парні коефіцієнти кореляції між параметрами.

Рис. 1. Вибір методів контролю в залежності від параметрів досліджуваного процесу (Розроблено авторами на основі [1-15]).

Література:

- Shewhart W.A. Economic Control of Manufactured Product. D. Van Norstrand, Co, New York, 1931, pp. 501.
- ДСТУ ISO 7870-2:2016(ISO 7870-2:2013, IDT) Статистичний контроль. Карти контрольні. Частина 2. Карти Шухарта - введено в дію 01.09.2016 <https://bitly.su/kfgl>
- Практическое руководство по управлению качеством /Саката Сиро: Пер. с 4-го японского С.И. Мышкиной /Под ред. В.И. Гостева. – М.: Машиностроение. – 1980. – 215 с.
- Солонин С.И. Метод контрольных карт. Учебное издание. Екатеринбург, 2014. 214 с.
- Статистическое управление процессами: Оптимизация бизнеса с использованием карт Шухарта /Д. Уилер, Д. Чамберс: Пер. с англ. – М.: Альпина Бизнес Букс. 2009. 409 с.
- Роскладка А.А., Божко В.І. Методика діагностики та контролю швидкості доступу до мережі інтернет. Науковий вісник Херсонського державного університету Випуск 9. Частина 6. 2014, С.239-242 www.ej.kherson.ua/journal/economic_09/325.pdf
- Дядюра К.О., Нагорний В.М. Удосконалення методу контрольних карт на основі класифікуючої функції. Сучасні технології в машинобудуванні, 2013, вип. 8, с. 218-227.
- Бондаренко О. С. Розвиток фінансів підприємств в умовах логістизації економіки. дис. доктора екон. наук. 2017 р. – <https://bitly.su/kMDEAb>
- Ефимов В.В. Статистические методы в управлении качеством продукции: учеб. пособие / В.В. Ефимов, Т.В. Барт. – М.: КноРус, 2013. – 240 с.
- Tugai O. A., Hryhorovskiy P. Ye., Khyzhniak V. O., Stetsenko S. P., Bielienskova O. Yu., Molodid O. S., Chernyshev D.O. Organizational and technological, economic quality control aspects in the construction industry : collective monograph Lviv-Torun : Liha-Pres, 2019. 136 p.
- Зельцер Р.Я., Беленкова О.Ю., Дубинін Д.В. Інноваційні моделі і методи організації, управління і економічної оцінки технологічних процесів будівельного виробництва: монографія / Р.Я. Зельцер, О.Ю. Беленкова, Д.В. Дубинін. Київ: «МП Леся», 2018. 208 с.
- Nikolaiev V. P., Hryhorovskiy P. Ye., Khyzhniak V. O., Ryzhakova G. M., Bielienskova O. Yu., Molodid O. S. Technical and economic aspects of real estate properties : collective monograph – Lviv-Torun : Liha-Pres, 2019. – 124 p.
- Радкевич А.В. Огляд сучасних методів і методик оцінки впливу організаційно-технологічних рішень на будівельне виробництво / А.В. Радкевич, І.Д. Павлов, Н.О. Данкевич// Шляхи підвищення ефективності будівництва в умовах формування ринкових відносин, вип. 35, технічний, 2018 – С. 3-10.
- Muhametshina A.M., Shigabiev T.N., Primak E.V. Summary use of the Shukharts control cards for determination of stability of food productions/ <https://bitly.su/lj2eAl>
- Володарский Е. Оценивание качества многопараметрического технологического процесса при корреляции его показателей/ Е. Володарский, Л. Кошечкина, М. Добролюбова/ Метрологія та прилади, 5'2017, С. 20-24.