

УДК 69.051

**І.М. Руднева,**

канд. техн. наук, доцент

ORCID: 0000-0002-9711-042X

*Київський національний університет будівництва і архітектури, м. Київ*

## **МЕХАНІЗМИ ВПРОВАДЖЕННЯ LEAN – ТЕХНОЛОГІЙ, ЯК ІННОВАЦІЙНОГО ПІДХОДУ ПРИ МОДЕЛЮВАННІ СТРУКТУРИ ВИЗНАЧЕННЯ НОРМИ ЧАСУ НА ВИКОНАННЯ БУДІВЕЛЬНИХ ПРОЦЕСІВ**

*Продуктивність будівельної галузі у всьому світі падає протягом останніх 40 років. Компанії повинні використовувати належні методи для зменшення своїх втрат і підвищення рівня продуктивності праці, щоб вони могли вижити у швидкозмінних конкурентних умовах існуючого ділового середовища. Об'єктивна оцінка вартості будівництва є ключовим фактором в будівельних проектах. Одним із підходів до покращення ситуації є використання «lean-management» в будівельній галузі, що є результатом бажання власників будівельного бізнесу оптимізувати витрати і підвищити продуктивність праці, ефективність організаційно-технологічних процесів, впровадити оцадливе виробництво в будівельній сфері. Все більше число фахівців в галузі будівництва намагаються змінити традиційну організаційно-технологічну форму будівельного виробництва та підвищити цінність для власників і при цьому отримати реальний прибуток. Саме тому, останнім часом значна кількість робіт вчених в світі присвячені питанню застосування принципів оцадливого виробництва, зокрема впровадженню оцадливого будівництва. Як результат з'явилися інструменти оцадливого виробництва, які успішно застосовувалися в простих і складних будівельних проектах. Україна дуже сильно відстає за рівнем розвитку інноваційних процесів від багатьох країн світу. Застарілі норми ЕНіР, які розроблялися без урахування стратегії Lean, необхідно допрацьовувати. Безумовно, впровадження системи оцадливого виробництва – це тема найближчого майбутнього. Завдяки цьому можна істотно скоротити перевитрати коштів за проектами, а також терміни їх виконання до 30%, а часом і більше. У статті розглянуті проблеми, значні втрати, низька продуктивність в будівельних компаніях та можливості їх усунення завдяки застосуванню сучасної управлінської концепції lean-construction, як інноваційного підходу при моделюванні структури визначення норми часу на виконання будівельних процесів, з метою підвищення конкурентоспроможності компанії. Тому метою майбутніх досліджень повинна стати розробка нової сучасної методики для визначення стандартного часу, яка буде враховувати критерії lean – технологій, як інноваційного підходу при визначенні послідовності всіх операцій будівельних процесів.*

**Ключові слова:** *оцадливе виробництво, lean-construction, оцадливе будівництво, зниження втрат, управління будівництвом, стандартний час на виконання будівельних процесів, продуктивність.*

### Аналіз досліджень і публікацій.

В останній час значна кількість робіт вчених присвячені питанню застосування принципів ощадливого виробництва, зокрема впровадженню ощадливого будівництва [15]. Наприклад, Пол Акерс в своїй книзі [11] визначає Lean, як спосіб мислення, який демонструє два основоположні принципи: усунення відходів (втрат) та постійне вдосконалення. На думку Акерса, 90% усього, що ми робимо – це марнотратство та може бути віднесено до будь-якої з восьми категорій (рис. 1): 1) перевиробництво, 2) надмірна обробка, 3) надлишок запасів, 4) дефекти, 5) транспортування, 6) даремно витрачений рух, 7) час очікування, 8) невикористані можливості та геніальність працівника. Ці вісім відходів завжди можна ідентифікувати та усунути, як на рівні компанії, так і на особистому рівні, намагаючись постійно вдосконалювати та додавати вартість для споживача, що є ще однією центральною концепцією ощадливого мислення.

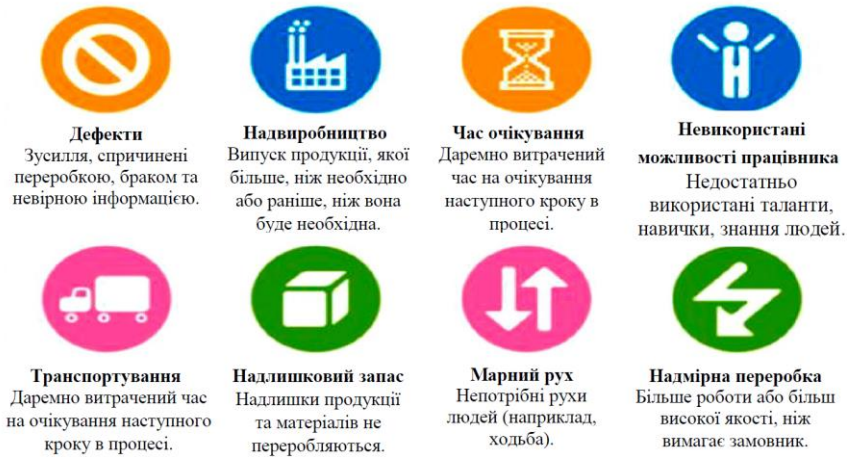


Рис. 1. Вісім відходів (втрат) за визначенням Paul Akers (розроблено та узагальнено автором на основі джерел [3, с. 2], [11, с. 25])

Використання «ощадливих інструментів» є фактором, що визначає бережливе будівництво компанії. В якості інструмента для роботи з втратами, що утворюються при традиційному будівництві, може бути застосована Система Last Planner®, розроблена Гошем та Робсоном [16]. Ця система є формою спільного планування, що може застосовуватись практично до будь-якого будівельного проекту, яка досягається за рахунок створення передбачуваного робочого процесу і мінімізації втрат на будівельному проекті. Одним з найбільш поширених аспектів системи Last Planner® є «Pull Planning» або «Планування витягування» – яке в даний час застосовується в сучасній будівельній галузі. Планування витягування вимагає, щоб всі учасники проекту збиралися і працювали в зворотному напрямку від встановленої віхи, щоб чітко визначити ресурси (наприклад, час, працю, матеріали тощо), які будуть потрібні для проекту. Принципи бережливого виробництва в процесі співпраці, постійного

вдосконалення технологій та усунення відходів також досліджували Леонг Вонг та Мохаммед Ахмед [14]. Незважаючи на те, що значна кількість досліджень присвячена питанню lean-менеджменту, недостатньо вивченими залишаються питання впровадження lean-процесів в сфері будівництва, зокрема їх використання в якості інноваційного підходу при моделюванні структури визначення норми часу на виконання будівельних процесів.

**Постановка завдання.** Дослідження проблем, значних втрат, низької продуктивності в будівельних компаніях та можливості їх усунення завдяки застосуванню сучасної управлінської концепції lean-construction, як інноваційного підходу при моделюванні структури визначення норми часу на виконання будівельних процесів, з метою підвищення конкурентоспроможності компанії.

**Основний зміст і результати досліджень.** Об'єктивна оцінка вартості будівництва є ключовим фактором в будівельних проектах. Продуктивність будівельної галузі у всьому світі падає протягом останніх 40 років [1]. Компанії повинні використовувати належні методи для зменшення своїх втрат і підвищення рівня продуктивності праці, щоб вони могли вижити у швидкозмінних конкурентних умовах існуючого ділового середовища. Одним із підходів до покращення ситуації є використання «lean management» в будівельній галузі, що є результатом бажання власників будівельного бізнесу оптимізувати витрати і підвищити продуктивність праці, ефективність організаційно-технологічних процесів, впровадити ощадливе виробництво в будівельній сфері [2].

Термін «lean», або «ощадливе виробництво» був придуманий дослідницею групою, яка працює в міжнародному виробництві автомобілів, щоб відобразити природу скорочення відходів виробничої системи Toyota (Toyota Production System) і протиставити це з масовими формами виробництва [7]. Lean – система управління виробничим підприємством, націлена на систематичний аналіз і усунення всіх видів втрат [15]. Розглядаючи термінологію, що позначає західні інновації, ми зустрічаємо один з них – lean – «ощадливе виробництво» або «ощадливі технології». Іншими словами lean – це мінімізація втрат, які будівельне підприємство намагається досягти будь-якими способами [2].

Ні для кого не секрет, що при складанні графіка робіт, плануванні проекту, і, безумовно, участі у тендерах, всюди, для конкурентоспроможності компанії, необхідно враховувати мінімально-можливий, який не завжди об'єктивно враховується, реальний час виконання проекту будівництва. Все це викликає необхідність підвищувати ефективність використання робочого часу працівника, що, в підсумку, впливає також і на прибуток підприємства. Важливим фактором, який безпосередньо впливає на конкурентоспроможність будівництва, є підвищення ефективності виробництва і управління. Тому тема lean-технологій, як одного з основних інноваційних важелів дуже актуальна.

Ощадливе будівництво є результатом застосування нової організаційно-технологічної форми будівельного виробництва. Істотні особливості ощадливого будівництва включають в себе чіткий набір цілей для процесу поставки, спрямованих на максимальне підвищення продуктивності для клієнта на рівні проекту, паралельне проектування, будівництва і застосування управління проектом протягом усього життєвого циклу проекту від проектування до введення в експлуатацію. Все більше число вчених і фахівців в галузі будівництва намагаються змінити традиційну організаційно-технологічну форму будівельного виробництва та підвищити цінність для власників і при цьому отримати реальний

прибуток. Як результат з'явилися інструменти ощадливого виробництва, які успішно застосовувалися в простих і складних будівельних проєктах. В цілому проєктами ощадливого будівництва легше управляти, безпечніше, швидше, дешевше і якісніше. Однак необхідно провести серйозні дослідження, щоб завершити перехід від традиційного до ощадливого мислення в Україні. Для цього потрібно дослідити принципи, методи і етапи реалізації ощадливого будівництва, які вказують відходи в будівництві і способи їх мінімізації. Система Last Planner, яка є важливим інструментом концепцій і методологій ощадливого будівництва, довела, що вона може поліпшити практику управління будівництвом в різних аспектах. Крім того, вона призначена для розробки методології оцінки процесів і визначення областей для поліпшення на основі принципів ощадливого підходу [1].

При правильному застосуванні принципів можна домогтися значного підвищення безпеки, якості та ефективності на рівні проєкту. Покращення на рівні технологічних процесів, стандартизуючи їх, є інструментами, які роблять поліпшення на рівні проєкту більш успішними і дозволяють таким поліпшенням бути стійкими. Вони можуть бути організовані спеціально для проєктів, і їм передуює передпроєктний етап [17].

#### **Приклади втрат в будівництві:**

- Неповні вихідні дані, ТЗ.
- Відсутність системного аналізу та обґрунтування оптимального рішення в результаті проробки різних варіантів.
  - Залучення виробників матеріалів на останніх етапах проєктування.
  - Відсутність прорахунку підсумкової вартості життєвого циклу будівлі, що будується або реконструюється.
  - Дефекти і переробки
- Відсутні чи невідповідні матеріали попередніх проєктувань і обстежень, вишукувань при реконструкції.
  - Недостатня взаємодія між учасниками реалізації проєкту.
  - Зміна проєктної організації в процесі проєктування.
  - Не підтримка ВІМ усіма учасниками процесу, порушення обміну даними.
  - Незбереження електронної версії проєкту
  - Неповне оформлення виконавчої документації.
  - Зміна будівельної організації в процесі будівництва.
  - Низька якість робочих або нестача робочої сили.
  - Непотрібні переміщення механізмів та матеріалів.
  - Непунктуальність субпідрядників та виїзних польових підрядних бригад.
  - Погана координація роботи субпідрядників між собою або підрядника і проєктувальника. Ці втрати можуть становити до 80%.
    - Неналежний технічний або авторський нагляд, науковий супровід.
    - Незадокументовані та самочинні вирішення підрядниками на етапі будівництва.

Очевидно, що для ефективного впровадження lean-процесів і правильної системи прийняття рішень важливо є виявляти і не допускати вищезазначені місця споживання зайвих ресурсів компанії, працювати з персоналом і мотивувати кожну людини, що, однак, не дає чіткої картини про терміни виконання робіт. Все це вимагає систематично працювати над помилками та враховувати проблеми міждисциплінарної взаємодії різних підрозділів компанії. Звичайно, що на це підуть роки. Але, в разі впровадження lean-підходу, в якому суворо визначити

нормативний час на виконання будівельних процесів, а також передбачити умови, в яких проводяться роботи (температура навколишнього середовища, вологість, висота, наявність пилу, шкідливих речовин тощо) кожна організація буде використовувати уніфіковані інноваційні підходи для тих категорій технологічних процесів, які вона виконує.

В цій статті ми досліджуємо механізми впровадження lean-технологій, як інноваційного підходу, до управління в будівельній сфері, що орієнтуються на мінімізацію споживання всіх відомих ресурсів. Існуюче нове визначення ощадливого будівництва має на увазі зниження відходів, правильне розуміння потреб і очікувань замовника, поліпшення комунікацій і координації між усіма стейкхолдерами проекту, а також підвищення ефективності процесів шляхом точного або оптимального визначення сукупності та послідовності всіх операцій.

І їх виявлення, якраз, і пов'язано зі скороченням графіка виконання робіт, при цьому, класифікація втрат може бути різною, тому що виробнича система кожного виробничого процесу в чомусь унікальна. Провівши аналіз втрат в плані, необхідно усунути їх і систематизувати, а також проконтролювати виконання даного відкоригованого плану.

При впровадженні «lean» дуже важливо правильно побудувати систему управління процесами проекту будівництва. Однією з істотних втрат на майданчику є координація різних служб замовника, генерального підрядника і субпідрядників. Тільки якщо кожен проектувальник, постачальник, робітник працюють на кожному етапі процесу узгоджено один з одним, досягається ефект щодо скорочення термінів і вартості робіт.

Вже зараз увага будівельної спільноти звернута на те, що в світі активно розвивається і вже широко застосовується інформаційне моделювання будівництва (BIM), яке, безумовно, стане наступним стандартом для проектування та обслуговування будівель, і цей підхід, безумовно, вписується в принципи ощадливого будівництва.

Інформаційне моделювання будівель (BIM) відноситься до процесу, заснованого на 3D-моделях, який надає фахівцям у галузі архітектури, інжинірингу та будівництва розуміння та інструменти для більш ефективного планування, проектування, побудови та управління будівлями та інфраструктурою [13]. Використовуючи віртуальну 3D-модель проекту, будівельні бригади можуть ефективно виявляти проблеми з проектом, конфлікти з постачальниками матеріалів та вирішувати будь-які конфлікти на будівельному майданчику до їх виникнення. Крім того, програмне забезпечення BIM може включати такі фактори будівельного проекту, як вартість, графік, ефективність та технічне обслуговування, безпосередньо в модель, щоб забезпечити єдине місце для інформації про проект, яке всі стейкхолдери проекту можуть легко візуалізувати. Технології BIM відповідають витонченим принципам завдяки співпраці власника, архітектора, інженерів та підрядника під час створення моделі. За оцінками експертів, 51% підрядників в США в даний час використовують технології BIM, а 82% користувачів BIM повідомляють про позитивну рентабельність інвестицій [18]. Щодо України, сподіваємось, в найближчому майбутньому це теж буде популярно.

Точність і придатність BIM-моделей безпосередньо залежать від кількості деталей і якості інформації, яка записується безпосередньо у властивостях окремих функціональних елементів моделі. Основна інформація про елемент

включає в себе геометрію елемента, фізичні характеристики, дані, що визначають зовнішній вигляд і поведінку елементів. Деяку інформацію легко визначити, тоді як для іншого нам потрібно мати достатню часу для розрахунків і експериментальних вимірювань. Один з цих параметрів - стандартний час.

Стандартний час – це кількість часу, який робітник, механізм або машина витрачає на виконання однієї одиниці вимірювання в даному процесі. Саме тому, це важливий показник при складанні графіків будівництва, кошторису будівництва і моніторингу потреб у ресурсах.

Основою для нормування часу в даний момент, в Україні і країнах СНД, є каталоги у вигляді єдиних норм часу і розцінок (ЕНіР) [19], а також у вигляді державних стандартів. Слід зазначити, що в теорії будівельних процесів відсутній єдиний підхід до розуміння структури будівельного процесу і це є проблемою. Тому, в нормуванні процесів був узятий і заморожений рівень процесу, як сукупності операцій. За цією методикою, норми часу на виконання, навіть при зміні структури операцій і конструктивних рішень технічних засобів, залишалися незмінними, тобто порахувати їх об'єктивно зараз неможливо.

Стає зрозумілим, що застарілі норми ЕНіР, які розроблялися без урахування стратегії Lean, необхідно допрацьовувати. До того ж, якщо на будівництві застосовуються більш досконалі організація або технологія виробництва, нові більш ефективні матеріали і конструкції, більш продуктивні машини або обладнання, ніж це передбачено ЕНіР і ВНіР [10], користуватися зазначеними нормами забороняється. У цих випадках до розробки нових ЕНіР і ВНіР повинні встановлюватися місцеві технічно обгрунтовані, відповідно знижені норми часу і розцінки, які затверджуються і вводяться в дію керівником будівельно-монтажної (ремонтно-будівельної) організації або підприємства (організації, установи), що теж не є раціональним підходом.

Сучасними методами, які використовуються в світі, здебільшого за межами СНД, для визначення стандартного часу є статистично-множинний регресійний аналіз (Multiple Regression Analysis, MRA) і міркування на основі прецедентів (Case Based Reasoning, CBR), однак вони теж мають безліч недоліків [21].

В останні роки є дослідження, присвячені можливостям використання нейронних мереж (Neural Networks, NN) для оцінки вартості будівництва [21, 22]. Проблемою є те, що необхідно спочатку навчити NN і визначити їх структуру, та цей процес дуже складний, а дослідження більше орієнтовані на вартість будівництва, стосуються будівлі в цілому й не фокусуються на конкретних будівельних процесах.

Професором Тонкачевим Г.М. запропонована методика цілочислового нормування процесів [20], яка на відміну від існуючих методик дає можливість порівнювати різні конструктивні рішення опалубочних форм. Тривалість процесів монтажу і демонтажу опалубок запропоновано визначати цілими числами в залежності від кількості переміщень елементів опалубки і ступеня відповідальності за надійність і якість виконуваних процесів. Новий підхід дозволяє вирішити проблему синтезу витрат часу на виконання будівельних процесів, однак потребує додаткових досліджень, зокрема для інших видів робіт.

Судячи з усього вищесказаного, нажаль, Україна дуже сильно відстає за рівнем розвитку інноваційних процесів від багатьох країн світу. Тому метою майбутніх досліджень повинна стати розробка нової сучасної методики для визначення стандартного часу, яка буде враховувати критерії lean – технологій, як

інноваційного підходу при моделюванні структури та послідовності всіх операцій будівельних процесів.

**Висновки.** Ощадливе будівництво пропонує реальні переваги підрядникам, проектувальникам та власникам, коли воно належним чином впроваджується та практикується. Цими перевагами є коротший графік, зменшення витрат, розширена співпраця, підвищення задоволеності клієнтів тощо. Однак багатьом будівельним компаніям ще належить здійснити перехід до lean-будівництва.

Застарілі норми ЕНІР, які розроблялися без урахування стратегії Lean, необхідно допрацьовувати. Вірне використання стратегії Lean при визначенні норм часу та відповідна реалізація в процесі будівництва, безумовно, надасть будівельним компаніям прибуток.

Впровадження lean-підходу, в якому суворо визначити нормативний час на виконання операцій будівельних процесів, структуру та їх послідовність, а також передбачити умови, в яких проводяться роботи (температура навколишнього середовища, вологість, висота, наявність пилу, шкідливих речовин тощо), дозволить враховувати будь-які зміни в структурі процесів і визначити нормативний час шляхом синтезу, що зробить процес динамічним і більш пристосованим до стрімкого розвитку науки і техніки.

Університети також є додатковим бар'єром у тому, що студенти не пройшли достатню підготовку щодо принципів ощадливого будівництва.

Безумовно, впровадження системи ощадливого виробництва – це тема найближчого майбутнього. Завдяки цьому можна істотно скоротити перевитрати коштів за проектами, а також терміни їх виконання до 30%, а часом і більше.

#### **Список літератури:**

1. Remon Fayek Aziz, Sherif Mohamed Hafez, Applying lean thinking in construction and performance improvement, *Alexandria Engineering Journal*, Vol. 52, Issue 4, 2013, pp. 679-695, <https://doi.org/10.1016/j.aej.2013.04.008>.

2. Питель Т.С. Механизмы внедрения lean - технологий как инновационный подход к управлению в строительной сфере. *Вестник ОРЕЛГИЭТ. Орловский государственный университет экономики и торговли*. 2018. № 2 (44) С. 119-122.

3. Lean Construction Implementation: Case Study. Devin J Merker. , California Polytechnic State University, San Luis Obispo. [Електронний ресурс] – Режим доступу: URL: <https://digitalcommons.calpoly.edu/cmisp/210>

4. Джеффри Лайкер, Джеймс Морган «Система разработки продукции в Toyota: Люди, процессы, технология», пер. с англ. – М.: Альпина Бизнес Букс, 2014.

5. The Toyota Way Model: An Alternative Framework For Lean Construction // *Total Quality Management And Business Excellence*. 2014. Vol. 25. Issue 5-6. pp. 664-682.

6. Gao S., Low S.P. The Last Planner System in China's construction industry – A SWOT analysis on implementation. *International Journal of Project Management*. 2014. Vol. 32. Issue 7. pp. 1260–1272. <https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2014.01.002>.

7. J. Womack, D. Jones, D. Roos, The Machine that Changed the World: The Story of Lean Production, 1st Harper Perennial Ed., New York, 1991.

8. Salem, O., Solomon, J.; Genaidy, A.; and Minkarah, I. (2006). Lean Construction: From Theory to Implementation. *Journal of Management in Engineering*. Vol. 22, Issue 4, pp. 168-175.

9. Mohammed S. Mehany. Lean construction principles past and present – a business model consistency / S. Mohammed, M. Hashem // 51st ASC Annual International

Conference Proceedings Copyright 2015 by the Associated Schools of Construction. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://ascpro.ascweb.org/chair/paper/CPGT309002015.pdf>

10. Единые нормы и расценки на строительные, монтажные и ремонтно-строительные работы. Общая часть. – М.: Стройиздат, 1987. – 25 с.

11. Akers, Paul. 2 Second Lean: How to Grow People and Build a Lean Culture. Washington: FastCap Press. 2016. 158 с. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [https://paulakers.net/wp-content/uploads/dlm\\_uploads/2015/12/2SL-3rd-20170403.pdf](https://paulakers.net/wp-content/uploads/dlm_uploads/2015/12/2SL-3rd-20170403.pdf)

12. Бутенко О.П., Єрмакова А.О., Бондаренко Ю.С. Використання концепції lean-construction в управлінні будівельними підприємствами. *Вісник економіки транспорту і промисловості* № 55. 2016. с.85-91.

13. What is BIM? (n.d.). [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.autodesk.com/solutions/bim>.

14. Wong, L.S. & Ahmed, M.E. (2018). A Critical Review of Lean Construction for Cost Reduction in Complex Projects. *Jordan Journal of Civil Engineering*, 12 (4), 707-720. [Електронний ресурс]. – Режим доступу:

<http://eds.b.ebscohost.com.ezproxy.lib.calpoly.edu/ehost/detail/detail?vid=3&sid=d64a2249-27c1-4572-81f4-3936632d8ab0%40pdc-v-sessmgr02&bddata=JnNpdGU9ZWhvc3QtbnG1ZlZQ%3d%3d#AN=132957991&db=aph>

15. Вумек Д.П. Бережливое обеспечение. Как построить эффективные и взаимовыгодные отношения между поставщиками и потребителями. Пер. с англ. / Д. П. Вумек; Д.П. Вумек, Д.Т. Джонс. – М.: Альпина Бизнес Букс, 2016. – 264с.

16. Ghosh, S. & Robson K. F. (2014). Analyzing the Empire State Building Project from the Perspective of Lean ProjectDelivery System. 50th Annual International Conference Proceedings. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://ascpro0.ascweb.org/archives/2014/CPGT267002014.pdf>.

17. Construction Industry Institute (CII), Lean Implementation at the Project Level, Vol. 234-1, The University of Texas at Austin, 2007, research summary, pp. 1–36.

18. Ellis, Grace. (2018). 100 Construction Industry Statistics To Improve Productivity. [WWW document]. URL <https://blog.plangrid.com/2018/08/construction-industry-statistics-to-improve-productivity/>

19. ЕНиР. Сб. Е4. Монтаж сборных и устройство монолитных железобетонных и бетонных конструкций. Вып. 1. Здания и промышленные сооружения. М.: Стройиздат, 1987. 65 с.

20. Тонкачєєв Г.М. Нова система нормування витрат часу для прийняття технологічних рішень: *Містобудування та територіальне планування*: зб. наук. пр. К.: КНУБА, 2013. Вип 50. С. 700-704.

21. Petlíková, Kateřina & Jarský, Čeněk. Modeling of the Time Structure of Construction Processes Using Neural Networks. *Organization, Technology and Management in Construction: an International Journal*. 9, 2017, pp. 1559–1564. 10.1515/otmcj-2016-0018.

22. Kim, G.-H., An, S.-H., & Kang, K.-I. (2004). Comparison of construction cost estimating models based on regression analysis, neural networks, and case-based reasoning. *Building and Environment*, 39(10), pp. 1235-1242. doi: 10.1016/j.buildenv.2004.02.013.

### **References:**

1. Remon, F.A., Sherif, M.H. (2013). Applying lean thinking in construction and performance improvement. *Alexandria Engineering Journal*, Vol. 52, Issue 4, pp. 679-695, <https://doi.org/10.1016/j.aej.2013.04.008>.



2. Pitel, T.S. (2018). Mekhanizmy vnedreniya lean - tekhnologiy kak innovatsionnyy podkhod k upravleniyu v stroitel'noy sfere. *Vestnik ORELGIET. Orlovskiy gosudarstvennyy universitet ekonomiki i trgovli.* № 2 (44), pp. 119-122
3. Lean Construction Implementation: Case Study. Devin J Merker. California Polytechnic State University, San Luis Obispo. URL: <https://digitalcommons.calpoly.edu/cmsp/210>
4. Liker, J., Morgan, J. (2014). "Toyota Product Development System: People, Processes, Technology". M.: Alpyna Byznes Buks.
5. The Toyota Way Model: An Alternative Framework For Lean Construction. *Total Quality Management And Business Excellence.* 2014. Vol. 25. Issue 5-6. pp. 664-682.
6. Gao S., Low S.P. (2014). The Last Planner System in Chinas construction industry – A SWOT analysis on implementation. *International Journal of Project Management.* Vol. 32. Issue 7, pp. 1260–1272. <https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2014.01.002>.
7. Womack, J., Jones D., Roos D. (1991). *The Machine that Changed the World: The Story of Lean Production*, 1st Harper Perennial Ed., New York.
8. Salem, O., Solomon, J.; Genaidy, A.; and Minkarah, I. (2006). Lean Construction: From Theory to Implementation. *Journal of Management in Engineering.* Vol. 22, Issue 4, pp. 168-175.
9. Mohammed, S., Hashem, M. Lean construction principles past and present – a business model consistency. *51st ASC Annual International Conference Proceedings Copyright 2015 by the Associated Schools of Construction.* URL: <http://ascpro.ascweb.org/chair/paper/CPGT30 9002015.pdf>
10. Yedinyye normy i rastsenki na stroitel'nyye, montazhnyye i remontno-stroitel'nyye raboty. [Uniform norms and prices for construction, installation and repair and construction work]. (1987). Obshchaia chast. M: Stroiizdat. 25 s.
11. Akers, P. (2016). 2 Second Lean: How to Grow People and Build a Lean Culture. Washington: FastCap Press. 158 p. URL: [https://paulakers.net/wp-content/uploads/dlm\\_uploads/2015/12/2SL-3rd-20170403.pdf](https://paulakers.net/wp-content/uploads/dlm_uploads/2015/12/2SL-3rd-20170403.pdf)
12. Butenko, O.P., Yermakova, A.O. & Bondarenko, Yu.S. (2016). Vykorystannia kontseptsii lean-construction v upravlinni budivelnymy pidpriemstvamy. *Visnyk ekonomiky transportu i promyslovosti.* № 55, pp. 85-91.
13. What is BIM? URL: <https://www.autodesk.com/solutions/bim>
14. Wong, L.S. & Ahmed, M.E. (2018). A Critical Review of Lean Construction for Cost Reduction in Complex Projects. *Jordan Journal of Civil Engineering,* 12 (4), pp. 707-720. URL: <http://eds.b.ebscohost.com.ezproxy.lib.calpoly.edu/ehost/detail/detail?vid=3&sid=d64a2249-27c1-4572-81f4-3936632d8ab0%40pdc-v-sssMgr02&bdata=JnNpdGU9ZWwhvc3QtbGl2ZQ%3d%3d#AN=132957991&db=aph>
15. Vumek, D.P., Vumek, D.P. & Dzhons, D.T. (2016). Lean provision. How to build effective and mutually beneficial relationships between suppliers and consumers. M.: Alpyna Byznes Buks. 264 p.
16. Ghosh, S. & Robson, K. F. (2014). Analyzin g the Empire State Building Project from the Perspective of Lean ProjectDelivery System. *50th Annual International Conference Proceedings.* URL: <http://ascpro0.ascweb.org/archives/2014/CPGT267002014.pdf>.
17. Construction Industry Institute (CII), *Lean Implementation at the Project Level*, Vol. 234-1, The University of Texas at Austin, 2007, research summary, pp. 1–36.

18. Ellis, Grace. (2018). 100 Construction Industry Statistics To Improve Productivity. URL: <https://blog.plangrid.com/2018/08/construction-industry-statistics-to-improve-productivity/>.

19. ENyR. Sb. E4. Montazh sbornyykh i ustroystvo monolitnykh zhelezobetonnykh i betonnykh konstruksiy. [Installation of prefabricated and installation of monolithic reinforced concrete and concrete structures]. Vyp. 1. Zdaniya i promyshlennyye sooruzheniya. M: Stroyizdat, 1987. 65 p.

20. Tonkacheiev, H.M. (2013). Nova systema normuvannia vytrat chasu dlia pryiniattia tekhnolohichnykh rishen. *Mistobuduvannia ta terytorialne planuvannia*. Vol. 50. Pp. 700-704.

21. Petlíková, K. & Jarský, Č. (2017). Modeling of the Time Structure of Construction Processes Using Neural Networks. *Organization, Technology and Management in Construction: an International Journal*. 9, pp. 1559–1564. DOI: 10.1515/otmcj-2016-0018.

22. Kim, G.-H., An, S.-H., & Kang, K.-I. (2004). Comparison of construction cost estimating models based on regression analysis, neural networks, and case-based reasoning. *Building and Environment*, 39(10), pp. 1235-1242. doi: 10.1016/j.buildenv.2004.02.013.

**И.Н. Руднева**

***Механизмы внедрения Lean – технологий, как инновационного подхода при моделировании структуры определения нормы времени на выполнение строительных процессов***

*В статье рассмотрены проблемы, значительные потери, низкая производительность в строительных компаниях и возможности их устранения благодаря применению современной управленческой концепции lean-construction, как инновационного подхода при моделировании структуры определения нормы времени на выполнение строительных процессов, с целью повышения конкурентоспособности компании. Производительность строительной отрасли во всем мире падает в течение последних 40 лет. Компании должны использовать соответствующие методы для уменьшения своих потерь и повышения уровня производительности труда, чтобы они могли выжить в быстро меняющихся конкурентных условиях существующей деловой среды. Одним из подходов к улучшению ситуации является использование «lean management» в строительной отрасли, что является результатом желания владельцев строительного бизнеса оптимизировать расходы и повысить производительность труда, эффективность организационно-технологических процессов и внедрить бережливое производство в строительной сфере. Украина очень сильно отстает по уровню развития инновационных процессов от многих стран мира. Устаревшие нормы ЕНиР, которые разрабатывались без учета стратегии Lean, необходимо дорабатывать. Поэтому целью будущих исследований должна стать разработка новой современной методики для определения стандартного времени, которая будет учитывать критерии Lean – технологий, как инновационного подхода при моделировании структуры и последовательности всех операций строительных процессов.*

***Ключевые слова: бережливое производство, lean-construction, экономное строительство, снижение потерь, управление строительством, стандартное время на выполнение строительных процессов, производительность.***

**I. Rudnieva**

***Mechanisms for implementing Lean - technologies as an innovative approach in modeling the structure of the standard time determining for construction processes implementation***

Recently, a significant number of scientists' works have been devoted to the application of the lean-production principles, in particular, the introduction of lean construction. Objective construction cost estimation is a key factor in construction projects. The article discusses the problems, significant losses, low productivity in construction companies and the possibilities of their elimination due to the use of the lean-construction management concept as an innovative approach in modeling the structure of the standard time determining for construction processes implementation in order to increase the company's competitiveness. The productivity of the construction industry worldwide has been falling for the past 40 years. Companies must use appropriate methods to reduce their losses and increase productivity levels so that they can stand in the rapidly changing competitive environment of the current business environment. One of the approaches to improving the situation is the use of "lean management" in the construction industry is the result of the desire of construction business owners to optimize costs and increase labor productivity, the efficiency of organizational and technological processes, and introduce lean- production in the construction industry. A huge number of scientists and construction professionals are trying to change the traditional organizational and technological form of construction production and add value to owners, while making real profits. As a result, lean manufacturing tools have emerged that have been successfully applied to simple and complex construction projects. Ukraine is very far behind in terms of the development level of innovative processes from many countries of the world. Outdated ENiR norms, which were developed without taking into account the Lean strategy, need to be finalized. Of course, the introduction of a lean manufacturing system is a topic for the near future. Thanks to this, it is possible to significantly reduce the cost overruns on projects, as well as the time of their implementation up to 30%, or even more. Therefore, future research objective should be the development of a new modern methodology for determining the standard time, which will take into account the criteria of lean technologies, as an innovative approach in modeling the structure and sequence of all operations of construction processes.

**Keywords:** *lean manufacturing, lean construction, loss reduction, construction management, standard time for construction processes, productivity.*

***Посилання на статтю:***

**APA:** Rudnieva, I. (2021). Mechanisms for implementing Lean – technologies as an innovative approach in modeling the structure of the standard time determining for construction processes implementation. *Shliakhy pidvyshchennia efektyvnosti budivnytstva v umovakh formuvannia rynkovykh vidnosyn*, 47 (1), 26-36.

**ДСТУ:** Руднева І.М. Механізми впровадження Lean – технологій, як інноваційного підходу при моделюванні структури визначення норми часу на виконання будівельних процесів [Текст] / І.М. Руднева // Шляхи підвищення ефективності будівництва в умовах формування ринкових відносин. – 2021. – № 47 (1). – С. 26-36.