

УДК 69.057:658.513.4

DOI: 10.30838/J.BPSACEA.2312.280519.21.431

АНАЛІЗ ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНОЇ НАДІЙНОСТІ НА РІВНІ ВИЗНАЧЕННЯ ЧАСОВИХ ПАРАМЕТРІВ КАЛЕНДАРНОГО ПЛАНУ

МАРТИШ О. О.^{1*}, канд. техн. наук, доц.,

МАРТИШ О. П.², канд. техн. наук, доц.,

ПАВЛОВ Ф. І.³, канд. техн. наук, доц.,

ПОЛТАВЕЦЬ М. О.⁴, канд. техн. наук, доц.

^{1*} Кафедра планування та організації виробництва, Державний вищий навчальний заклад «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури», вул. Чернишевського, 24-а, 49600, Дніпро, Україна, тел. +38 (095) 905-86-75, e-mail: martysh@yahoo.com, ORCID ID: 0000-0002-8864-2555

² Кафедра технології будівельного виробництва, Державний вищий навчальний заклад «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури», вул. Чернишевського, 24-а, 49600, Дніпро, Україна, тел. +38 (056) 756-34-76, e-mail: tsp@mail.pgasa.dp.ua, ORCID ID: 0000-0002-6126-1920

³ Кафедра планування та організації виробництва, Державний вищий навчальний заклад «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури», вул. Чернишевського, 24-а, 49600, Дніпро, Україна, тел. +38(056) 756-33-66, e-mail: pavlovfed@ukr.net, ORCID ID: 0000-0002-4442-9277

⁴ Кафедра промислового і цивільного будівництва, Запорізький національний університет, Інженерний інститут, пр. Соборний, 226, 69006, Запоріжжя, Україна, тел. +38 (068) 179-52-43, e-mail: poltavmar@ukr.net, ORCID ID: 0000-0003-0504-5278

Анотація. Постановка проблеми. Однією з головних задач будівельної організації є дотримання строків зведення об'єкту згідно з проектними рішеннями. Організаційно-технологічна надійність будівництва визначає здатність будівельної організації досягати поставлених цілей при заданих вхідних параметрах. При розробці календарного плану існує протиріччя між ймовірною природою реальних процесів і детермінованими методами їх опису. Коли розрахунки мають прогнозуючий характер, то необхідно включати в розрахунок вірогідну складову, що визначає ймовірність звершення певної події в майбутньому. Це особливо стосується побудови календарних планів, через те, що прогнозування показників тривалості виробничих процесів може здійснюватися тільки з певним рівнем ймовірності. Дослідження присвячено вирішенню науково-прикладної задачі підвищення надійності планування на стадії визначення часових параметрів будівельних процесів в складі календарного плану. Розглянуті чинники, які впливають на планований час виконання будівельно-монтажних робіт в складі календарного плану. Використано підхід, згідно з яким час завершення деякого обсягу робіт є похідним від продуктивності виконавця і інтенсивності виконання робіт. Тривалість робіт є не детермінованим значенням, а діапазоном (проміжком) можливих значень, які можна описувати за допомогою нормального розподілу, β -розподілу і α -розподілу. **Мета роботи** – визначення раціонального рівня організаційно-технологічної надійності часових параметрів календарного плану. **Висновки.** Надійність календарного плану будівництва цілком залежить від достовірності часових параметрів. Встановлено взаємозв'язок між виробітком виконавців і надійністю виконання робіт в планові строки. Визначено раціональний рівень організаційно-технологічної надійності, який слід використовувати при формуванні часових параметрів календарного плану.

Ключові слова: календарне планування; організаційно-технологічна надійність; інтенсивність робіт; виробіток; витрати часу

АНАЛИЗ ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ НАДЕЖНОСТИ НА УРОВНЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВРЕМЕННЫХ ПАРАМЕТРОВ КАЛЕНДАРНОГО ПЛАНА

МАРТЫШ А. А.^{1*}, канд. техн. наук, доц.,

МАРТЫШ А. П.², канд. техн. наук, доц.,

ПАВЛОВ Ф. И.³, канд. техн. наук, доц.,

ПОЛТАВЕЦЬ М. А.⁴, канд. техн. наук, доц.

^{1*} Кафедра планирования и организации производства, Государственное высшее учебное заведение «Приднiпровская государственная академия строительства и архитектуры», ул. Чернишевского, 24-а, 49600, Днипро, Украина, тел. +38 (095) 905-86-75, e-mail: martysh@yahoo.com, ORCID ID: 0000-0002-8864-2555

² Кафедра технологии строительного производства, Государственное высшее учебное заведение «Приднiпровская государственная академия строительства и архитектуры», ул. Чернишевского, 24-а, 49600, Днипро, Украина, тел. +38 (056) 756-34-76, e-mail: tsp@mail.pgasa.dp.ua, ORCID ID: 0000-0002-6126-1920

³ Кафедра планирования и организации производства, Государственное высшее учебное заведение «Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры», ул. Чернышевского, 24-а, 49600, Днепро, Украина, тел. +38(056) 756-33-66, e-mail: pavlovfed@ukr.net, ORCID ID: 0000-0002-4442-9277

⁴ Кафедра промышленного и гражданского строительства, Запорожский национальный университет, Инженерный институт, пр. Соборный, 226, 69006, Запорожье, Украина, тел. +38(068) 179-52-43, e-mail: poltavmar@ukr.net, ORCID ID: 0000-0003-0504-5278

Аннотация. Постановка проблемы. Исследование посвящено решению научно-прикладной задачи повышения надежности планирования на стадии определения временных параметров строительных процессов в составе календарного плана. Рассмотрены факторы, влияющие на планируемое время выполнения строительно-монтажных работ в составе календарного плана. Использован подход, согласно которому времязавершения некоторого объема работ является производным от производительности исполнителя и интенсивности выполнения работ. Продолжительность работ является не детерминированным значением, а диапазоном (промежутком) возможных значений, которые можно описывать с помощью нормального распределения, β -распределения и α -распределения. **Цель работы** - определение рационального уровня организационно-технологической надежности временных параметров календарного плана. **Выводы.** Надежность календарного плана строительства полностью зависит от достоверности временных параметров. Определен рациональный уровень организационно-технологической надежности, который следует использовать при формировании временных параметров календарного плана.

Ключевые слова: календарное планирование; организационно-технологическая надежность; интенсивность работ; выработка; затраты времени

ANALYSIS OF ORGANIZATIONAL AND TECHNOLOGICAL RELIABILITY AT THE LEVEL OF THE SCHEDULE TIME PARAMETERS DETERMINATION

MARTYSH O.O.^{1*}, *Cand. Sc. (Tech.), Ass. Prof.*,
MARTYSH O.P.², *Cand. Sc. (Tech.), Ass. Prof.*,
PAVLOV F.I.³, *Cand. Sc. (Tech.), Ass. Prof.*,
POLTAVETS M.O.⁴, *Cand. Sc. (Tech.), Ass. Prof.*

^{1*} Department of planning and organization of production, State Higher Educational Institution "Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture", 24-A, Chernyshevskoho str., Dnipro, 49600, Ukraine, tel. +38 (095) 905-86-75, e-mail: martysh@yahoo.com, ORCID ID: 0000-0002-8864-2555

² Department of construction technology, State Higher Educational Institution "Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture", 24-A, Chernyshevskoho str., Dnipro, 49600, Ukraine, tel. +38 (056) 756-34-76, e-mail: tsp@mail.pgasa.dp.ua, ORCID ID: 0000-0002-6126-1920

³ Department of planning and organization of production, State Higher Educational Institution "Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture", 24-A, Chernyshevskoho str., Dnipro, 49600, Ukraine, +38 (056) 756-33-66, e-mail: pavlovfed@ukr.net, ORCID ID: 0000-0002-4442-9277

⁴ Department of industrial and civil engineering, Zaporizhzhya National University, Engineering Institute, Sobornyi Ave., 226, 69006, Zaporizhia, Ukraine, tel. +38 (068) 179-52-43, e-mail: poltavmar@ukr.net, ORCID ID: 0000-0003-0504-5278

Abstract. Problem statement. One of the main tasks of the construction organization is to comply with the terms of construction of the object according to the design decisions. Organizational and technological reliability of construction determines the ability of a construction organization to achieve its purposes at given input parameters. When developing a time schedule, there is a contradiction between the probabilistic nature of real processes and the determined methods of their description. When the calculations are of a predictable nature, it is necessary to include into the calculation the probabilistic component, which determines the probability of a certain event occurring in the future. This is especially true of scheduling because of the prediction of indicators of the duration of production processes can be carried out only with a certain level of probability. The study is devoted to solve a scientific and applied problem of increasing the reliability of planning at the stage of determining the time parameters of construction processes as part of a schedule. The factors affecting the planned time of construction and installation work in the schedule are considered. The approach was used, according to which the time of completion of a certain amount of work is depended from the performer's output and the intensity of the work. The duration of the work is not a deterministic value, but a range (interval) of possible values that can be described using the normal distribution, β -distribution and α -distribution. **The purpose of the article** is to determine the rational level of organizational and technological reliability of schedule time parameters. **Conclusions.** The reliability of the construction schedule completely depends on the accuracy of time parameters. The dependence between the output of performers and the reliability of work in the planning period is established. The rational level of organizational and technological reliability of the construction schedule at the stage of its time parameters modeling is determined.

Keywords: *scheduling; organizational and technological reliability; work intensity; output; time standard*

Постановка проблеми. Однією з головних завдань будівельної організації - дотримання строків зведення об'єкта згідно з проектними рішеннями. Організаційно-технологічна надійність будівництва визначає здатність будівельної організації досягати поставлених цілей за заданих вхідних параметрів. Такі параметри: кількісний і кваліфікаційний рівні робітників, технічні характеристики машин і механізмів, якість будівельних матеріалів, своєчасність їх поставки на будівельний майданчик та інші.

Під час розроблення календарного плану існує протиріччя між імовірнісною природою реальних процесів і детермінованими методами їх опису. Коли розрахунки мають прогнозувальний характер, необхідно включати в розрахунок вірогідну складову, що визначає ймовірність звершення певної події в майбутньому. Це особливо стосується побудови календарних планів, через те, що прогнозування показників тривалості виробничих процесів може здійснюватися тільки з певним рівнем імовірності. Планування – це завжди узгодження об'єктивних протиріч між сьогоdnішнім баченням процесу будівництва і його майбутньою реалізацією. Будівництво споруди – це безліч окремих робіт, що виконуються одна за одною. Зрив строків виконання однієї з них викликає ланцюжкову реакцію затримок, що в підсумку спричинює порушення строку будівництва і, як наслідок, економічні втрати і юридичні проблеми.

Оскільки надійність закладених у календарний план параметрів постає важливою проблемою в будівництві, актуальним бачиться дослідження шляхів її підвищення.

Аналіз публікацій. Дослідження організаційно-технологічної надійності будівництва почалися в другій половині ХХ століття. Основні поняття організаційно-технологічної надійності будівельного виробництва були визначені ще в 1974 році О. А. Гусаковим [1], після чого об'єктами досліджень стали

календарне планування і поточний метод ведення будівельних робіт [2]. За першими дослідниками проблемою надійності займалися багато вчених, вирішуючи нові проблеми.

Проблема організаційно-технологічної надійності будівництва не вирішена і продовжує бути предметом досліджень сучасних вчених.

У разі [3] описується використання інструментів теорії ймовірності і методу експертних оцінок для визначення і порівняння організаційної надійності механізованих та ручних робіт. Визначаються фактори, що впливають на продуктивність робітників. Однак залишається проблема урахування непередбачуваних затримок на стадії розробки плану робіт.

Жоден з існуючих методів планування не забезпечує автоматичного уникнення ризику зриву строків будівництва. Втім, у країнах Заходу широко застосовується система «The Last Planner», яка наслідують переваги методу критичного шляху (CPM – Critical path method) [4]. Така система спрощує розроблення графіка робіт, але не вирішує проблеми взаємозв'язку між планами різного масштабу – оперативними, середньої тривалості та довгостроковими. Інший підхід до аналізу відхилень під час реалізації календарних планів – так зване аналітичне дерево помилок (fault tree analysis) [5]. Це дерево являє собою блок-схему, яка сприяє виявленню факторів, що викликають відхилення від запланованих строків у будівництві. Однак цей підхід, як зазначається у статті, досить громіздкий.

У праці [6] пропонується розробка паралельних графіків для виконання робіт на будівельному майданчику і для складання елементів поза майданчиком. Показано, що такий підхід у деяких випадках скорочує час будівництва на 30 %. Однак така система, хоч і сприяє зменшенню часу виконання робіт, не завжди може бути використана. Наприклад, у будівництві монолітної споруди немає місця для збірних елементів.

Поліпшеним варіантом методу критичного шляху (CPM – Critical path method) деякі дослідники вважають «систему управління на основі місцезнаходження» (LBMS – location-based management system) [7; 8]. Ця система робить акцент на використанні ресурсів і дозволяє організувати роботу без зайвих перерв для виконавців. До цієї ніші досліджень також можна віднести так званий евристичний (тобто «не строгий») алгоритм формування і розрахунку проекту виробництва робіт, описаний у статті [9]. Однак залишається питання надійності виконання робіт у строки тим чи іншим виконавцем.

У публікації [10] як основний метод підвищення надійності під час реалізації календарного плану пропонується поточний контроль виробництва робіт. Доводиться ефективність такого способу у разі використання моделювання «Монте-Карло» у будівництві комплексу споруд. Ця методика й справді ефективна, але має нішкове застосування – лише для будівництва черги декількох однотипних будівель, коли ресурси і механізми переходять з об'єкта на об'єкт.

У працях [11; 12] описуються схожі підходи до вирішення проблеми низької надійності календарного плану. Пропонується використання резервів часу – буферів, які повинні нівелювати ризик затримок у виконанні окремих робіт календарного графіка. Величина буфера часу залежить від послідовності робіт, їх взаємозв'язку і критичності (більш важливі чи менш важливі роботи). Однак було б добре мати можливість визначення таких буферів часу на підставі індивідуальних характеристик виконавців.

Питанню визначення тривалості будівельних процесів з урахуванням ймовірності присвячені дослідження в працях [13] і [14].

Наразі аналіз публікацій дозволяє стверджувати доцільність досліджень у цьому напрямку.

Мета дослідження – визначення раціонального рівня організаційно-

технологічної надійності часових параметрів календарного плану.

Виклад матеріалу. Організаційно-технологічна надійність календарного плану – це ймовірність, з якою роботи згідно з цим планом будуть виконані до певного терміну. Оскільки календарний план складається з окремих робіт, то, відповідно, і кожна робота має свій очікуваний час закінчення.

Для того, щоб обчислити очікуваний час закінчення будь-якої роботи в складі календарного плану, потрібно знати характеристики виконавця цих робіт. Статистичні дані щодо роботи виконавців можуть надійти до розробника календарного плану в одному із двох варіантів:

1) як витрати часу на одиницю обсягу робіт (наприклад, кількість годин на кладку 1 м^3 стіни – год/ м^3);

2) як виробіток (також можна використовувати терміни «продуктивність» чи «інтенсивність виконання робіт») – це обсяг робіт, що був виконаний за одиницю часу (наприклад об'єм цегляної кладки за зміну чи годину – $\text{м}^3/\text{зміну}$ чи $\text{м}^3/\text{год}$).

Для повного аналізу роботи будь-якого виконавця потрібно знати такі його параметри роботи як мінімальний, максимальний та середній виробіток, мінімальний, максимальний та середній час, що витрачається на одиницю обсягу робіт, а також значення цих параметрів при конкретному рівні організаційно-технологічної надійності. Тому такий підхід базується на урахуванні ймовірнісної природи цих параметрів. У розрахунках використовується не єдине значення параметра, а діапазон можливих значень, з яких обирається таке, що відповідає бажаному рівню надійності.

Зазвичай статистичні дані робітника описуються за допомогою нормального розподілу, α -розподілу чи β -розподілу. Під час опрацювання масиву даних визначаються такі параметра, як математичне очікування параметру і середньоквадратичне відхилення.

Поведено аналіз функцій накопиченої ймовірності виробітку за одиницю часу і

витрат часу на одиницю продукції. Функція виробітку спадає: з ростом виробітку зменшується ймовірність його забезпечення і навпаки. А функція часу, що витрачається на одиницю обсягу робіт, має зростаючий характер: ймовірність виконання роботи за мінімальний час наближається до нуля, але зі збільшенням витрат часу на виконання будівельного процесу зростає ймовірність виконання роботи в запланований строк.

Досліджено розподіл статистичних даних виробітку і часу виконання робіт робітника-муляра. Аналіз свідчить, що функція розподілу виробітку має симетричний характер, а функція розподілу часу виконання робіт – асиметричний.

Для розрахунку значення асиметрії і опису законів розподілу часу завершення робіт були випробувані нормальний розподіл, α -розподіл і β -розподіл. У результаті виявилось, що найточніше описує час виконання робіт α -розподіл:

$$f(t) = \frac{\theta\alpha}{t^2\sqrt{2\pi}} \exp\left[-\frac{\alpha^2}{2}\left(\frac{\theta}{t}-1\right)^2\right]. \quad (1)$$

У формулі (1) $\alpha = \mu/\sigma$. Це зворотна величина коефіцієнта варіації. Показника характеризує «однорідність» виробітку робітників і може служити оцінкою рівня їх

майстерності. Очевидно, що чим вища професійна майстерність виконавців, тим вужчий діапазон невизначеності в часі виконання роботи.

Таким чином перевагою α -розподілу полягає в тому, що він враховує характерні фактори, властиві процесу виконання роботи: обсяги робіт, інтенсивність робіт (продуктивність), час закінчення робіт.

Визначено раціональний рівень організаційно-технологічної надійності часових параметрів календарного плану. В дослідженні використовується не детерміноване значення виробітку чи витрат часу, а ймовірне, тобто визначається інтервал можливих значень цих параметрів. Якщо використовувати не тільки максимальне і мінімальне значення продуктивності, то можна отримати множинні значення часу з ймовірністю їх появи. Застосовуючи підсумкову наростаючу функцію розподілу можна встановити, з якою ймовірністю окрема робота буде виконана до певного терміну. На рисунку 1 показано, як за допомогою підсумкової функції розподілу можна встановити, до якого часу роботи будуть виконані. Надійності 60 % відповідає час завершення робіт T_1 , надійності 80 % – час T_2 .

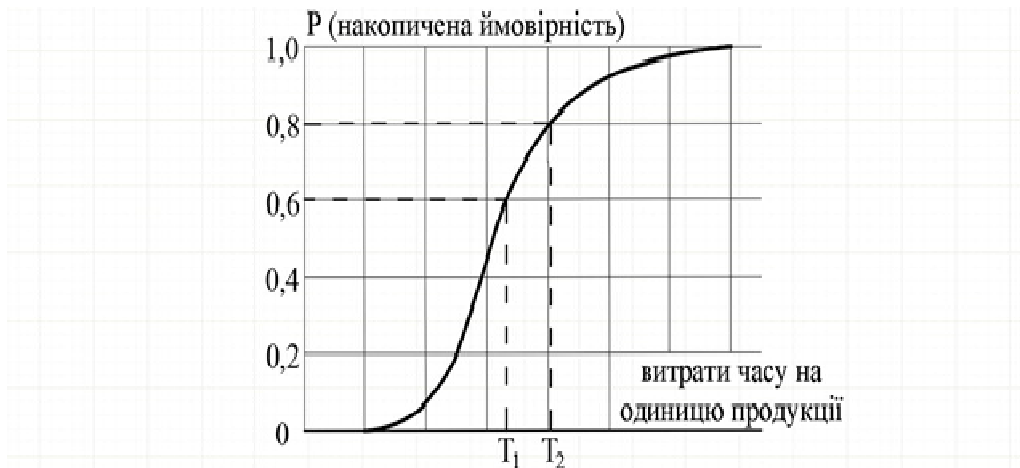


Рис. 1. Підсумкова функція часу закінчення робіт із визначенням тривалостей робіт за надійності 60 і 80 % / Fig. 1. The final function of the completion time of work with the definition of the duration of work for the reliability of 60 and 80 %

Підвищення надійності закінчення робіт викликає відповідне збільшення тривалості їх виконання. Тому підхід, заснований на обліку ймовірнісних процесів у

календарному плануванні, передбачає збільшення цих термінів відносно детермінованих розрахунків.

Застосування детермінованих методів

розрахунку в плануванні та організації будівельного виробництва дає досить оптимістичні, а значить, і менш надійні результати. Це, у свою чергу, викликає до порушення як проміжних, так і завершальних термінів будівництва об'єктів. Використання не детермінованого результату, а інтервалу можливих значень, дає можливість оцінити ймовірність досягнення кінцевого результату до того чи

іншого строку будівництва.

Досліджено, що шукати прийнятний рівень надійності тривалості робіт для формування календарного плану слід в індивідуальних показниках виконавців будівельно-монтажних процесів. Для вибору рівня надійності потрібно проаналізувати графік накопиченої ймовірності, який показує можливість завершити роботу в межах певного часу.

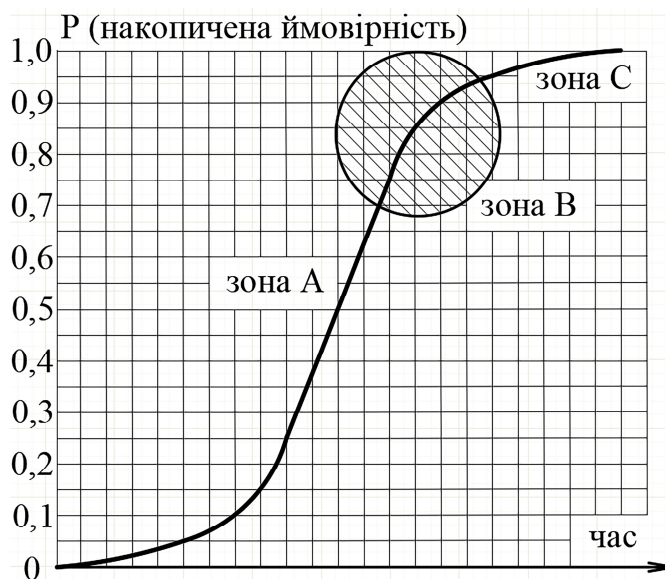


Рис. 2. Вибір раціонального рівня надійності часових параметрів календарного плану /
Fig. 2. The choice of rational level of reliability of the timing of the calendar plan

Графік функції надійності умовно можна поділити на декілька зон (рис. 2). Зона А характеризується стрімким зростанням надійності за низького зростання часу, але її не слід обирати через те, що надійність у цій зоні занадто низька, тому це зона високого ризику.

Зона В позначає місце, де графік змінює кут нахилу, плавно переходячи із стрімкого вертикального в похилий, майже горизонтальний. Ця зона найкраща для вибору, бо має гарний рівень надійності за прийнятних показників часу. Зона С характеризується повільним зростанням надійності за дуже стрімкого збільшення

часу. Вибір цієї зони неефективний, бо за кожний додатковий процент надійності доводиться формувати занадто великі резерви часу.

Таким чином, раціональний вибір - рівень надійності із зони В. Зазвичай надійність у цій зоні складає 70...90 %.

Висновки. Надійність календарного плану будівництва цілком залежить від достовірності часових параметрів. Визначено раціональний рівень організаційно-технологічної надійності, який слід використовувати під час формування часових параметрів календарного плану.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Гусаков А. А. Организационно-технологическая надежность строительного производства : монография / А. А. Гусаков. – Москва : Стройиздат, 1974. – 252 с.
2. Параллельно-поточная организация строительства : монография / [В. А. Афанасьев, А. В. Афанасьева]. – Ленинград : ЛИЛИ, 1985. – 96 с.
3. Кабанов В. Н. Организационно-технологическая надежность строительного процесса / В. Н. Кабанов //

- Инженерно-строительный журнал. – 2018. – № 1 (77) – С. 59–67. – DOI: 10.18720/MCE.77.6. – Режим доступа : http://engstroy.spbstu.ru/index_2018_01/06.pdf
4. Bhargav Dave. Suggestions to improve lean construction planning / Dave Bhargav, Juho-Pekka Hämäläinen, Sergio Kemmer, Lauri Koskela, Anssi Koskenvesa // Proceeding of 23rd Ann. Conf. of the Int'l. Group for Lean Construction. – Perth, Australia. – July 29–31. – Pp. 193–202. – Available to: <http://eprints.hud.ac.uk/id/eprint/25395/1/iglcKoskelasuggestions.pdf>
 5. Pei-Yuan Hsu. Investigating schedule deviation in construction projects through root cause analysis / Hsu Pei-Yuan, Marco Aurisicchio, Panagiotis Angeloudi // Procedia Computer Science. – № 121. – 2017. – Pp. 732–739. – DOI: 10.1016/j.procs.2017.11.095. – Available to: <http://sciencedirect.com/science/article/pii/S1877050917322950>
 6. Salama Tarek. Integration of offsite and onsite schedules in modular construction / Tarek Salama, Ahmad Salah, Osama Moselhi // 34th International Symposium on Automation and Robotics in Construction (ISARC 2017). – Pp. 767–774. – DOI: 10.22260/ISARC2017/0107. – Available to: <http://iaarc.org/publications/fulltext/ISARC2017-Paper107.pdf>
 7. Hylton Olivieri. Improving workflow and resource usage in construction schedules through location-based management system (LBMS) / Olivieri Hylton, Seppänen Olli, Denis Granja Ariovaldo // Construction Management and Economics. – Vol. 36, iss. 2. – 2018. — Pp. 109–124. – DOI: 10.1080/01446193.2017.1410561. – Available to: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/01446193.2017.1410561>
 8. Behman A. Construction management scheduling and control: The familiar historical overview / A. Behman, T. Harfield, R. Kenle // Proceedings of the 4th International Building Controls Conference. – 7–8 March, 2016. – Vol. 66. – Pp. 754–759. – DOI: 10.1051/mateconf/20166600101 – Available to: <https://unitec.researchbank.ac.nz/bitstream/handle/10652/3831/Behnam%20et%20al%202016%20Construction%20managment%20scheduling%20and%20control%20The%20familiar%20historical%20overview.pdf?sequence=3&isAllowed=y>
 9. Сиверикова А. И. Параллельно-поточный метод организации строительства / А. И. Сиверикова, В. З. Величкин // Строительство уникальных зданий и сооружений. – 2015. – № 4 (31). – С. 135–162. – Режим доступа: http://unistroy.spb.ru/index_2015_31/9_siverikova_31.pdf
 10. Файзулина О. А. Современная методика составления календарных планов при строительстве комплекса зданий / О. А. Файзулина, А. В. Беспалова, О. П. Дашковская, А. И. Кныш // Вестник Одесской государственной академии строительства и архитектуры. – 2018. – Вып. 70. – С. 164–169. – Режим доступа: <http://mx.ogasa.org.ua/bitstream/123456789/6551/1/Modern%20of%20calendar%20plans%20technique%20composition....pdf>
 11. Jaśkowski P. Methodology for enhancing reliability of predictive project schedules in construction / P. Jaśkowski // *Eksploatacja i Niezawodność* [Maintenance and Reliability]. – 2015. – 17 (3): – Pp. 470–479. – Available to: <http://dx.doi.org/10.17531/ein.2015.3.20>
 12. Lok Siew China. The practice of time management on construction project Procedia Engineering / Siew China Lok, Rahim Abdul, Hamid Abdul. – Vol. 125 – 2015. – Pp. 32–39. – DOI: 10.1016/j.proeng.2015.11.006. – Available to: sciencedirect.com/science/article/pii/S1877705815033238
 13. Млодецкий В. Р. Управленческая реализуемость строительных проектов : монография / В. Р. Млодецкий. – Днепропетровск : Наука і освіта, 2005. – 261 с.
 14. Организационно-технологическая и экономическая надежность в строительстве: монография / [В. Р. Млодецкий, Р. Б. Тянь, В. В. Попова, А. А. Мартыш]. – Днепропетровск : Наука и образование, 2013. – 193 с.

REFERENCES

1. Gusakov A.A. *Organizatsionno-tehnologicheskaya nadezhnost' stroitel'nogo proizvodstva* [Organizational-technological reliability of building production]. Moscow : Stroyizdat, 1974, 252 p. (in Russian).
2. Afanas'ev V.A. *Parallel'no-potochnaya organizatsiya stroitel'stva* [Parallel construction organization]. Leningrad : LILI Publ., 1985, 96 p.
3. Kabanov V.N. *Organizatsionno-tehnologicheskaya nadezhnost' stroitel'nogo protsessa* [Organizational and technological reliability of the construction process]. *Inzhenerno-stroitel'nyy zhurnal* [Magazine of Civil Engineering]. 2018, vol. 1, pp. 59–67. (in Russian).
4. Dave B., Hämäläinen J.P., Kemmer S. and Koskenvesa A. Suggestions to improve lean construction planning. In Proceeding of the 23rd Ann. Conf. of the Int'l. Group for Lean Construction. Perth, Australia, pp. 193–202.
5. Hsu P., Aurisicchio M. and Angeloudi P. Investigating schedule deviation in construction projects through root cause analysis. *Procedia Computer Science*, 2017. vol. 121, pp. 732–739
6. Salama T., Salah A. and Moselhi O. Integration of offsite and onsite schedules in modular construction. 34th International Symposium on Automation and Robotics in Construction, 2017, pp. 767–774.
7. Olivieri H., Seppänen O. and Granja A.D. Improving workflow and resource usage in construction schedules through location-based management system (LBMS). *Construction Management and Economics*, 2018, vol. 36, pp. 109–124.
8. Behman A., Harfield T. and Kenley R. Construction management scheduling and control: The familiar historical

- overview. Proceedings of the 4th International Building Controls Conference, 2016. vol. 66, pp. 754–759.
9. Siverikova A.I. and Velichkin V.Z. *Parallel'no-potochnyy metod organizatsii stroitel'stva* [Parallel and stream methods of construction organization]. *Stroitel'stvo unikal'nykh zdaniy i sooruzheniy* [Construction of Unique Buildings and Structures]. 2015, vol. 4(31), pp. 135–162.
 10. Faizulyna O.A., Bespalova A.V., Dashkovskaya O.P. and Knush A.I. *Sovremennaya metodika sostavleniya kalendarnykh planov pri stroitel'stve kompleksa zdaniy* [Modern of calendar plans technique composition for construction of building complex]. *Vestnik Odesskoy gosudarstvennoy akademii stroitel'stva i arkhitektury* [Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture electronic Repository]. 2018, vol. 70, pp. 164–169.
 11. Jaśkowski P. Methodology for enhancing reliability of predictive project schedules in construction. *Maintenance and Reliability*, 2015, vol. 17, pp. 470–479.
 12. China L.S. and Hamid A.R. The practice of time management on construction project. *Procedia Engineering*, 2015, vol. 125, pp. 32–39.
 13. Mlodetskiy V.R. *Upravlencheskaya realizuyemost' stroitel'nykh proyektov* [Managerial feasibility of construction projects]. Dnipropetrovsk : Nauka i osvita Publ., 2005, 261 p. (in Russian).
 14. Mlodetskiy V.R., Tyan R.B., Popova V.V. and Martysh O.O. *Organizatsionno-tekhnologicheskaya i ekonomicheskaya nadezhnost' v stroitel'stve* [Organizational technological and economic reliability in construction]. Dnipropetrovsk : Nauka i obrazovanie Publ., 2013, 193 p. (in Russian).

Надійшла до редакції: 03.04.2019 р.