

УДК 339.03:658.5

Баладцький Максим Валерійович

Аспірант кафедри організації та управління будівництвом
Київський національний університет будівництва і архітектури, Київ

Скакун Євген Вячеславович

Аспірант кафедри організації та управління будівництвом
Київський національний університет будівництва і архітектури, Київ

**СУЧАСНА ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНА МОДЕЛЬ
НАДІЙНОСТІ ОБ'ЄКТІВ БУДІВНИЦТВА**

***Анотація.** Зростання вимог до рівня і якості організаційно-технологічної надійності, з урахуванням організаційних і технологічних факторів, що впливають на ефективність будівельного виробництва, та методи управління цими факторами набувають особливої актуальності. При цьому будівельні організації зацікавлені в прийнятті проектувальниками ефективних рішень, що сприяють підвищенню організаційно-технологічної надійності в проектуванні і будівництві. Розглянуто будівельні програми, які дадуть змогу забезпечити ритмічність роботи будівельно-монтажних організацій та дотриматись розрахункових термінів введення об'єкта в експлуатацію. Визначено показник організаційно-технологічної надійності та ступінь ризику учасників інвестиційного процесу, проведено дослідження на прикладі генпідрядних будівельних організацій. Розроблено модель, що визначає оптимальну надійність організаційно-технологічного проектування для різних типів житлових будинків за критерієм досягнення максимального прибутку підрядної будівельної організації. Показано, що запропонований підхід оптимізації організаційно-технологічних рішень може бути використаний для обліку надійності роботи комплексів, комплектів і окремих машин та дозволяє з більшою обґрунтованістю планувати їх ритмічну роботу, точніше визначати час виконання будівельно-монтажних робіт.*

***Ключові слова:** організаційно-технологічна надійність; ефективність будівельного виробництва; інвестиційний процес; календарне планування; організаційно-технологічне рішення*

Вступ

На сьогодні питання підвищення організаційно-технологічної надійності (ОТН), на основі визначення з урахуванням організаційних і технологічних факторів, що впливають на ефективність будівельного виробництва, та методи управління цими факторами набувають особливої актуальності.

Відсутність методики обліку імовірного характеру будівельного виробництва призводить до зниження надійності організаційно-технологічних і управлінських рішень в галузі. При цьому особливістю даних робіт є єдність процесу зведення об'єктів при структурному відокремленні організацій.

У зв'язку з цим будівельні організації зацікавлені в прийнятті проектувальниками ефективних рішень, що сприяють підвищенню ОТН в проектуванні і будівництві. Під ОТН розуміється спроможність технологічних, організаційних, управлінських рішень забезпечувати досягнення заданого результату будівельного виробництва в умовах випадкових збурень, властивих будівництву як складній стохастичній системі. Значення показника ОТН в багатьох методиках є оцінкою

імовірності виконання проекту у встановлений термін. Практика показує, що в основу розробки принципів і методів ОТН проектування має бути покладено імовірно-статистичний підхід.

Мета статті

При визначенні ОТН в процесі проектування необхідно розробляти такі будівельні програми, які забезпечували б ритмічність роботи будівельно-монтажних організацій при дотриманні розрахункових термінів введення об'єкта в експлуатацію. Відповідно до цього розглянуто підходи для визначення організаційно-технологічних рішень суміжних будівельних і механізованих процесів єдиного комплексного будівельно-монтажного процесу.

Методика дослідження

Для визначення показника ОТН і ступеня ризику учасників інвестиційного процесу проведено дослідження на прикладі генпідрядних будівельних організацій міста Києва (ТОВ «Партнер-Центр»). При плануванні і реалізації річної виробничої програми будівельної організації використовувались методи і моделі сітьового планування і управління будівництвом. За базовий брали потоковий метод,

який забезпечує планомірну, безперервну і ритмічну роботу виконавців [1 – 4].

Для ТОВ «Партнер-Центр» склали сільові графіки на зведення кожного об'єкта річної програми з урахуванням принципів потокового виконання всієї програми. Як приклад розглядали сільовий графік будівництва 7-9-поверхових житлових будинків. За номенклатуру робіт брали уніфікований перелік будівельно-монтажних робіт, використовуваний в практиці житлового будівництва.

Зміст дослідження

Визначення показника ОТН проектування і ступеня ризику учасників інвестиційного циклу в процесі реалізації проекту виконується у такій послідовності:

1. Визначають перелік видів робіт із зазначенням їх коду, фактичної тривалості, резерву часу, трудомісткості, а також оптимістичну і песимістичну оцінки робіт.

2. Будують сільовий графік.

3. Розраховують коефіцієнти напруженості по кожному окремому шляху сільової моделі (1).

4. Розраховують інтегральний коефіцієнт напруженості по мережевому графіку в цілому через ваговий коефіцієнт. В якості вагового коефіцієнта беруть трудомісткість виконання робіт (2).

5. Визначають ймовірність виконання робіт в договірні терміни за методом А.А. Гусакова [5], заснованому на обліку тільки робіт критичного шляху і ступеня ризику учасників інвестиційного циклу (3, 4).

$$K_{oj} = \frac{t(L_{max}) - t'(L_{kp})}{t(L_{kp}) - t'(L_{kp})}, \quad (1)$$

де $t'(L_{kp})$ – тривалість шляху $t(L_{max})$, що збігається з критичним шляхом; $t(L_{kp})$ – тривалість критичного шляху; $t(L_{max})$ – тривалість максимального шляху, який проходить через дану роботу

$$\sum K_{\text{воб}} = \frac{K_1 \cdot T_1}{\sum T_1} + \frac{K_2 \cdot T_2}{\sum T_2} + \dots + \frac{K_i \cdot T_i}{\sum T_i}, \quad (2)$$

де K_i – коефіцієнт надійності i -ї роботи; T_i – трудомісткість i -ї роботи; $\sum T_i$ – загальна трудомісткість.

Отримані результати говорять про те, що виконати роботи в договірний термін неможливо, оскільки $\sum K_{\text{воб}}$ має знаходитися в межах від 0,35 до 0,5 (дані дослідження И.М. Разумова [6]).

Для розрахунку показника організаційно-технологічної надійності використано метод, заснований на обліку тільки робіт критичного шляху, і закон усеченого нормального розподілу часу виконання робіт, т. К. В якості розрахункового беруть тільки песимістичну часову оцінку P_{kin} , яка визначається так:

$$P_{kin} = \frac{t_{\phi in}}{t_{n in}}, \quad (3)$$

де I, n – код роботи, яка лежить на критичному шляху; $t_{\phi in}$ – фактичний час виконання робіт (в днях); $t_{n in}$ – песимістична оцінка часу виконання робіт (в днях).

Для прийняття об'єктів житлових будинків розрахункові значення склали:

$$P_{1-6} = \frac{101}{110} = 0,92; \quad P_{6-7} = \frac{32}{42} = 0,76;$$

$$P_{7-8} = \frac{105}{112} = 0,94.$$

Ймовірність виконання будівельно-монтажних робіт в заданий термін, характеризуюча надійність організаційно-технологічного проектування, визначається за формулою:

$$P_{kin} = P_{k_{1-6}} \cdot P_{k_{6-7}} \cdot P_{k_{7-8}}. \quad (4)$$

$$P_{kin} = 0,92 \cdot 0,76 \cdot 0,94 = 0,66.$$

З розрахунку можна зробити висновок, що ймовірність виконання робіт в договірні терміни, або організаційно-технологічна надійність, складе 66%.

На підставі проведених досліджень розроблена модель визначення оптимальної надійності організаційно-технологічного проектування різних типів житлових будинків за критерієм досягнення максимального прибутку підрядної будівельної організації. Сутністю моделі є встановлення меж ОТН, за яких прибуток може отримувати додатні, мінусові і нульові значення, залежно від зниження розрахункового рівня надійності, з урахуванням балансу витрат на відновлення надійності і оплати штрафів при невиконанні таких.

ОТН дає можливість оцінювати сформовані календарні плани будівництва об'єктів не тільки з точки зору якості організаційно-технологічних характеристик, але і з точки зору ризику їх досягнення. При зведенні об'єктів велике значення має раціональне застосування будівельних машин. Від ефективного використання машин значною мірою залежить організаційно-технологічна надійність будівництва об'єктів.

Критерієм оцінки ОТН роботи будівельних машин може бути будь-який показник, що знаходиться у вибірці, в т. ч. продуктивність, тривалість робіт, енергоємність, вартість одиниці продукції, прибуток і т. д. Основним показником для оцінки ефективності роботи комплексів машин пропонується вважати собівартість виробництва робіт.

Одним з основних факторів ОТН роботи будівельних машин є рівень їх використання за часом. Для оцінки ОТН роботи будівельних машин в Сибірському державному університеті шляхів сполучення створена база даних за результатами натурних випробувань екскаваторів, земснарядів, бульдозерів і ін. [7].

Для підтвердження обґрунтованості значень бази даних за результатами натурних випробувань проводилися два етапи верифікації:

– логічна – за зауваженнями спостерігача з рядів виключаються значення, що не належать до нормованого процесу;

– математична – за допомогою методів математичної статистики визначають правомірність відхилень.

Після формування вибірки відповідно до ГОСТ 8.207-76 визначається її належність до закону нормального розподілу і будується крива нормального розподілу.

Відомо, що якщо площу, обмежену кривою нормального розподілу, взяти за 1 або 100%, то можна розрахувати площу, вкладену між кривою і будь-якими двома координатами. Організаційно-технологічний ризик (у відсотках) недосягнення розглядається комплексом (комплект, окремою машиною) продуктивності x_m розраховується за такою формулою:

$$OTP = \frac{100}{\sigma\sqrt{2\pi}} \cdot \int_0^{x_m} e^{-\frac{(x-\bar{x})^2}{2\sigma^2}} dx, \quad (5)$$

де x – продуктивність комплексу; \bar{x} – середня арифметична продуктивність комплексу; σ – середнє відхилення продуктивності комплексу; π – постійне число; e – основа натурального логарифма.

Тоді ОТН досягнення розраховуються комплексом продуктивності x_m у відсотках за формулою:

$$OTN = 100 - OTP. \quad (6)$$

У базі даних [6] зберігається інформація про використання бульдозерів за часом по місяцях і роках. В результаті відпрацювання статистичної інформації (при щомісячних даних про роботу бульдозерів) за допомогою програми «Sample» отримано: середньозважена величина коефіцієнта використання бульдозерів за часом склала 65,97%, стандартне відхилення 7,09%, і обчислене значення критерію Пірсона [9] (7,89) менше табличного значення (15,49) – значить вибірка підкоряється закону нормального розподілу. В результаті обробки щорічної статистичної інформації з використання бульдозерів отримано:

– середньозважена величина коефіцієнта використання бульдозерів за часом склала 65,65%, стандартне відхилення – 3,17%, і обчислене значення критерію Пірсона (1,36) менше табличного значення (11,04) – значить вибірка підкоряється закону нормального розподілу. Аналіз роботи бульдозерів показав, що коефіцієнт їх використання за часом в даній організації становить приблизно 66%, а відхилення середньозваженого коефіцієнта використання за часом при щорічній звітності становить $\pm 10\%$ і $\pm 21\%$ при щомісячній звітності. За розробленими аналітичними моделями можна, при заданій організаційно-технологічній надійності, визначити продуктивність бульдозера і вартість розробки ним 1000 м³ ґрунту. Наприклад, при ОТН = 60% потрібно визначити продуктивність

бульдозера. На рис. 1 знаходимо ОТН, яка дорівнює 60%, і відповідну їй продуктивність машини – 25,7 м³/год.

Організаційно-технологічна надійність роботи комплексу машин (рис. 2) визначається за формулою:

$$OTN = \frac{\sum_{i=1}^{j=N} OTN_i \cdot t_i \cdot n_i}{N \cdot t_{дир}}, \quad (7)$$

де N кількість комплектів в комплексі машин; t_i – тимп будівництва i -го комплексу; $t_{дир}$ – темп будівництва комплексу.

Необхідна ОТН роботи i -го комплексу у відсотках повинна задовольняти такі умови:

$$OTN_i^{TP} \geq 50 \cdot \frac{t_{дир}}{t_i}. \quad (8)$$

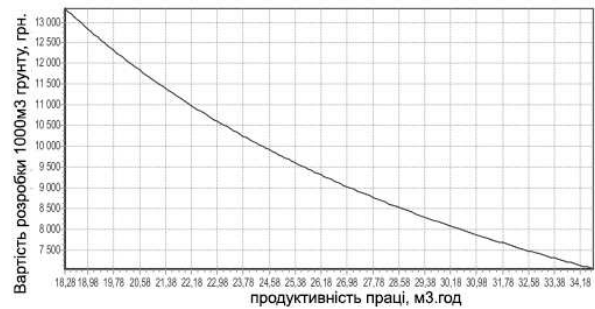


Рисунок 1-Приклад форматів ОТН: залежності вартості при роботі бульдозерів на базі тракторів Т-130 під час виконання робіт способом гідромеханізації

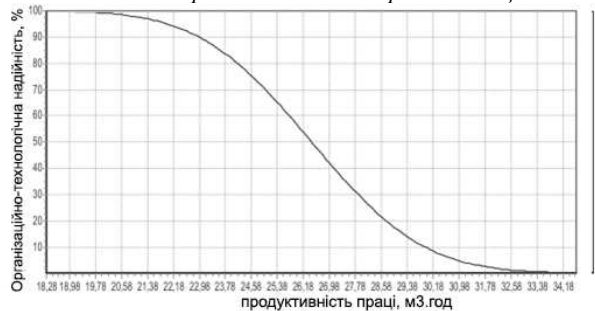


Рисунок 2 -Приклад форматів ОТН: організаційно-технологічної надійності при роботі бульдозерів на базі тракторів Т-130 під час виконання робіт способом гідромеханізації

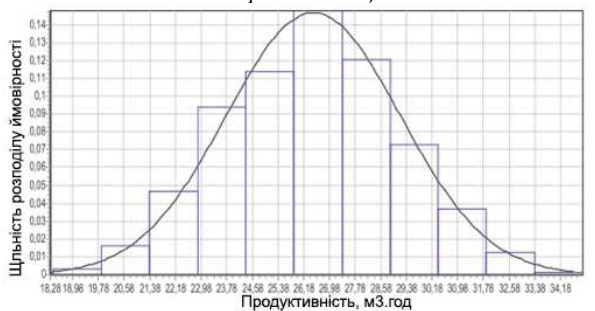


Рисунок 3-Приклад форматів ОТН: щільності розподілу ймовірності від продуктивності при роботі бульдозерів на базі тракторів Т-130 під час виконання робіт способом гідромеханізації

Для автоматизації прогнозування тривалості, вартості будівництва об'єктів, ОТН календарного планування, прибутку будівельної організації та інших показників розроблено імітаційну модель потоку і відповідне програмне забезпечення

«Improtok» [6]. Під імітаційним моделюванням розуміється відтворення процесів, що відбуваються в будівельній системі, зі штучною імітацією величин, від яких залежать ці процеси, за допомогою датчика випадкових чисел. Алгоритм розрахунку показників будівництва об'єктів складено з використанням методу Монте-Карло [8]. За допомогою імітаційної моделі потоку проаналізовано вплив можливих змін часу виконання окремих робіт на загальну тривалість будівництва об'єкта в цілому, на зміну кошторисної вартості будівництва, прибутку будівельної організації з урахуванням організаційно-технологічної надійності будівництва (рис. 3). В якості прикладу розглядалося будівництво об'єктів річної програми ТОВ «Партнер-Центр». Крім того, розроблено методичне, математичне і програмне забезпечення для автоматизації обґрунтування черговості і строків будівництва об'єктів річної програми будівельної організації – «Potok» [6]. Програмне забезпечення «Potok» дозволяє визначити оптимальну черговість зведення об'єктів і розрахувати мінімально можливий термін будівництва. Для оптимального варіанта черговості включення об'єктів в потік з метою більш наочного уявлення отриманого рішення в програмі будуються циклограма і графік освоєння кошторисної вартості.

Висновок

При укладенні договорів підряду необхідний розподіл ризику між учасниками інвестиційного проекту, щоб була можливість диверсифікувати збиток відповідно до можливостей організацій з управління ризиком і фінансової компенсації наслідків їх прояву. Розподіл ризику здійснюється на стадії узгодження взаємовідносин і закріплюється в договорі. Для реалізації задачі, за допомогою якої можлива оптимізація будівельних процесів при зведенні об'єктів, може бути використаний запропонований підхід, за яким ОТН визначається алгоритмами пошуку імовірнісних відхилень параметрів будівельних потоків в мережеві структурі будівельних робіт.

Для реалізації завдання щодо оптимізації організаційно-технологічних рішень може бути використано запропонований підхід, за яким облік надійності роботи комплексів, комплектів і окремих машин дозволяє з більшою обґрунтованістю планувати їх ритмічну роботу, точніше визначати час (терміни, тривалість) виконання будівельно-монтажних робіт, що позначається на зниженні вартості і підвищенні якості будівельної продукції.

Список літератури

1. *Организационно-технологическая и экономическая надежность в строительстве* // В.Р. Млодецкий, Р.Б. Тяг, В.В. Попова, А.А. Мартиш. – Днепропетровск: наука и образование, 2013. – 193с.
2. *Величкин В.З. Управление и надежность реализации строительных программ [Электронный ресурс] / В.З.Величкин // Инженерно-строительный журнал. – 2014. – No 7. – С. 74-79.*
3. *Абдуллаев Г.И. Повышение организационно-технологической надежности строительства линейно-протяженных сооружений методом прогнозирования отказов [Электронный ресурс] / Г.И. Абдуллаев, В.З. Величкин, Т.Н. Солдатенко // Инженерно-строительный журнал. – 2013. – No 3. – С. 43-50. – Режим доступа : http://www.engstroy.spb.ru/index_2013_03/velichkin.pdf*
4. *Млодецкий В. Р. Концепція надійності в організації будівельного виробництва/ В.Р. Млодецкий, А.В. Загуменова, Н.Ю. Морошкіна // Вісник Придніпровської державної академії будівництва та архітектури. – 2014. – No 4. – С. 19-24.*
5. *Гусаков А.А., Куликов Ю.А. Методические рекомендации по оценке и расчету организационно-технологической надежности возведения промышленных объектов и комплексов. – М.: ЦНИИПИАСС. – 1973.*
6. *Сетевые графики в планировании / И.М.Разумов, Л.Д. Белова, М.И. Ипатов, А.В. Проскураков. – М.: Высш. шк., 1981. – 168 с.*
7. *Скакун Є.В. Подолання невизначеності в девелоперських моделях організації будівництва [Текст] / Є.В. Скакун // Управління розвитком складних систем. – 2016. – № 25. – С. 192 – 197.*

Стаття надійшла до редколегії 24.10.2017

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

Баладцький Максим Валерьевич

Аспирант кафедры организации и управления строительством
 Киевский национальный университет строительства и архитектуры, Киев

Скакун Евгений Вячеславович

Аспирант кафедры организации и управления строительством
 Киевский национальный университет строительства и архитектуры, Киев

СОВРЕМЕННАЯ ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ НАДЕЖНОСТИ ОБЪЕКТОВ СТРОИТЕЛЬСТВА

Аннотация. Рост требований к уровню и качеству организационно-технологической надежности, с учетом организационных и технологических факторов, влияющих на эффективность строительного производства, и методы управления этими факторами приобретают особую актуальность. При этом строительные организации

заинтересованы в принятии проектировщиками эффективных решений, способствующих повышению организационно-технологической надежности в проектировании и строительстве. Рассмотрены строительные программы, которые дадут возможность обеспечить ритмичность работы строительно-монтажных организаций и придерживаться расчетных сроков ввода объекта в эксплуатацию. Определены показатель организационно-технологической надежности и степень риска участников инвестиционного процесса, проведены исследования на примере генподрядных строительных организаций. Разработана модель, которая определяет оптимальную надежность организационно-технологического проектирования для различных типов жилых домов по критерию достижения максимальной прибыли подрядной строительной организации. Показано, что предложенный подход оптимизации организационно-технологических решений может быть использован для учета надежности работы комплексов, комплектов и отдельных машин и позволяет с большей обоснованностью планировать их ритмичную работу, точнее определять время выполнения строительно-монтажных работ.

Ключевые слова: организационно-технологическая надежность; эффективность строительного производства; инвестиционный процесс; календарное планирование; организационно-технологическое решение

Baladsky Maksim

PhD student, Department of construction management
Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv

Skakun Eugene

PhD student, Department of construction management
Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv

**MODERN ORGANIZATIONAL AND TECHNOLOGICAL MODEL OF RELIABILITY
OF OBJECTS OF CONSTRUCTION**

Abstract. Growth of requirements to the level and quality of organizational and technological reliability, taking into account organizational and technological factors affecting the efficiency of construction production, and methods of management of these factors are of particular relevance. In this case, construction organizations are interested in making designers effective decisions that help increase organizational and technological reliability in design and construction. The author considers construction programs that will ensure the rhythm of the construction and installation organizations and adhere to the estimated time of commissioning the object. The indicator of organizational and technological reliability and the degree of risk of the participants of the investment process is determined, researches were conducted on the example of general contractor construction organizations. A model is developed that determines the optimum reliability of organizational and technological design for various types of residential buildings on the criterion of achieving maximum profit of a contracting construction organization. It is shown that the proposed approach of optimization of organizational and technological solutions can be used taking into account the reliability of the work of complexes, kits and separate machines and allows more rigorously to plan their rhythmic work, more precisely determine the time of execution of construction and installation work.

Key words: organizational and technological reliability; efficiency of construction production; investment process; calendar planning; organizational and technological solution

References

1. Molodetsky, V.R., Tyan, R.B., Popova, V.V. & Martish, A.A. (2013). Organization-technological and economic reliability in construction. Dnepropetrovsk: science and education, 193.
2. Velichkin, V.Z. (2014). Management and reliability of the implementation of construction programs [Electronic resource]. Engineering and construction magazine, 7, 74-79.
3. Abdullaev, G.I. (2013). Improving the organizational and technological reliability of triplexation of linear-extended structures by the method of failure prediction [Electron resource] / GI Abdullaev, VZ Velichkin, TN Soldatenko // Engineering and construction magazine, 3, 43-50. -Mode of access: http://www.engstroy.spb.ru/index_2013_03/velichkin.pdf/
4. Mlodetsky, V.R. (2014). Conceptualism in the organization of everyday life of the vibrobivtva / V.R. Molodetsky, A.V. Zagumanov, N.Yu. Moroshkina // News of Pridniprovsk State Academy of Architecture and Architecture, 4, 19-24.
5. Gusakov, A.A., Kulikov, Yu.A. (1973). Methodological recommendations on the assessment and calculation of organizational and technological reliability of the construction of industrial facilities and complexes. M.: TsNIPIASS.
6. Razumov, I.M., Belova, L.D., Ipatov, M.I., Proskuryakov, A.V. (1981). Network schedules in the planning. Moscow: Higher Education, 168.
7. Skakun, Eugene V. (2016). Overcoming uncertainty in the models of development of construction organizations. Management of Development of Complex Systems, 25, 192–197.

Посилання на публікацію

- APA Baladsky, Maksim & Skakun, Eugene, (2017). Modern organizational and technological model of reliability of objects of construction. Management of Development of Complex Systems, 32, 205 – 209.
- ДСТУ Баладцький М.В. Сучасна організаційно-технологічна модель надійності об'єктів будівництва [Текст] / М.В. Баладцький, Є.В. Скакун // Управління розвитком складних систем. – 2017. – № 32. – С. 205 – 209.