

УДК 658.51:69

DOI: 10.30838/J.BPSACEA.2312.250918.29.193

ФАКТОРИ ВИНИКНЕННЯ ВІДМОВ У ПРОЦЕСІ БУДІВНИЦТВА

ЗАЯЦЬ Є. І.¹, *д-р техн. наук, проф.*,

ДАДІВЕРІНА Л. М.², *канд. техн. наук, доц.*,

МАРТИШ О. О.³, *канд. техн. наук, доц.*

¹Кафедра 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: zei83dici@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-7382-919X

²Кафедра 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: liliya.dadiverina@gmail.com, ORCID ID: 0000-0003-4498-2184

³Кафедра 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: martysh@yahoo.com, ORCID ID: 0000-0002-8864-2555

Анотація. Спроможність розробників організаційно-технологічних рішень зведення об'єктів передбачити виникнення відмов у процесі будівництва дуже актуальна в сучасних умовах. Класифікація відмов та причин їх виникнення включає такі фактори як технічні, технологічні, організаційні, управлінські. Важливо знати потужність впливу кожного з факторів для своєчасного реагування на дію кожного фактора. Це також потрібно, щоб передбачати можливі негативні наслідки від впливу (появи) цих факторів на будівництво та своєчасно їх усувати.

Ключові слова: параметрична відмова; миттєва відмова; фактор ризику; технологічність; організаційно-технологічна надійність; календарне планування

ФАКТОРЫ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ОТКАЗОВ В ПРОЦЕССЕ СТРОИТЕЛЬСТВА

ЗАЯЦЬ Е. І.¹, *д-р техн. наук, проф.*,

ДАДИВЕРІНА Л. Н.², *канд. техн. наук, доц.*,

МАРТЫШ А. А.³, *канд. техн. наук, доц.*

¹Кафедра 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:zei83dici@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-7382-919X

²Кафедра 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: liliya.dadiverina@gmail.com, ORCID ID: 0000-0003-4498-2184

³Кафедра 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: martysh_oleksandr@mail.ru. ORCID ID: 0000-0002-8864-255

Аннотация. Способность разработчиков организационно-технологических решений возведения объектов предвидеть возникновение отказов в процессе строительства очень актуальна в современных условиях. Классификация отказов и причин их возникновения включает такие факторы как технические, технологические, организационные, управленческие. Важно знать мощность влияния каждого из факторов с целью своевременного реагирования на действие каждого фактора. Это также нужно, чтобы предвидеть возможные негативные последствия от воздействия (появления) данных факторов на строительство и своевременно их устранять.

Ключевые слова: параметрический отказ; мгновенный отказ; фактор риска; технологичность; организационно-технологическая надежность; календарное планирование

FAILURE FACTORS IN THE CONSTRUCTION PROCESS

ZAIATS Ye. I.¹, *Dr. Sc. (Tech.), As. Prof.*,

DADIVERINA L. M.², *Cand. Sc. (Tech.), As. Prof.*,

MARTYSH O. O.³, *Cand. Sc. (Tech.), As. Prof.*

¹Department of Construction technology, State Higher Education Establishment «Pridneprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture», 24-A, Chernishevskogo str., 49600, Dnipro, Ukraine, tel. +38 (056) 756-33-66, e-mail:zei83dici@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-7382-919X

²Department of Construction technology, State Higher Education Establishment «Pridneprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture», 24-A, Chernishevskogo str., 49600, Dnipro, Ukraine, tel. +38 (056) 756-33-66, e-mail:liliya.dadiverina@gmail.com, ORCID ID: 0000-0003-4498-2184

³Department of Construction technology, State Higher Education Establishment «Pridneprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture», 24-A, Chernishevskogo str., 49600, Dnipro, Ukraine, tel. +38 (056) 756-33-66, e-mail:martysh_oleksandr@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-8864-2555

Summary. The ability of schedulers to predict the occurrence of failures in the construction process is very relevant in modern conditions. Classification of failures and the reasons for their occurrence includes such factors as technical, technological, organizational, managerial. The complication of building production systems leads to an increase in the number of consistently connected elements (brigades, mechanisms, vehicles, suppliers, etc.), which, according to the basic law of reliability theory, reduces the reliability of the entire system in proportion to the number of elements in geometric progression. According to this law, even with a small number of elements (100) and high reliability of each, the construction system as a whole should have little reliability and deny almost in 50% of cases. Therefore, practice shows that the actual reliability of building systems is higher with a significant number of system elements and small reliability of each. If taking into account the probabilistic nature of most destabilizing factors, it is quite difficult to establish analytical dependencies that reflect the nature and extent of their impact on the final performance indicators. This means the need for their aggregate accounting by using probabilistic estimates of these indicators. With the development and complication of all types of technology, the problem of reliability becomes global. As is well known, the basic notion of reliability theory is the notion of failure, that is, a complete or partial failure of the system (loss of main quality). At the same time, it is often not important to differentiate economically and technically from such, certainly different, failures, such as the deviation of the system parameters from the design values, and failures of the system that are themselves eliminated ("failures"), the complete failure of the system. All refusals have a random character, as they are caused by the influence of temporary factors. Therefore, the reliability of the system is determined by the probability of failure of the project's guaranteed period of uninterrupted operation. For buildings systems manufacture characteristic non-complete failures, and partial (crashes), which are self-moving in the process of continuous functioning of the system. At the same time, the parameters of the system substantially deviate from the normative, but we can not determine the magnitude of these deviations yet. And the methods of mathematical reliability theory are not suitable for this. It is important to know the power of the influence of each of the factors in order to respond in a timely manner to the effect of each factor. This is also needed to anticipate the possible negative effects of the (occurrence) of these factors on the construction and to timely eliminate them. So, when a traditional analysis of possible organizational and technological solutions is added to reliability, it simplifies the process of choosing a solution option, since the reliability of each indicator can determine its priority in making a decision.

Keywords: *parametric failure; instantaneous failure; risk factor; processability; organizational and technological reliability; scheduling*

Постановка проблеми. У будівельному виробництві забезпечити надійність будівельного процесу, а саме – забезпечити своєчасне введення в експлуатацію будівельних об'єктів у заплановані терміни і передбачувану вартість значно складніше, ніж в інших галузях економіки України, тому що будівництво - це одна з найскладніших і найбільших систем, які мають взаємозв'язки не тільки всередині будівельних організацій, а й з іншими галузями економіки.

До того, будівельна галузь відчуває вплив значної кількості факторів, що здійснюють дестабілізуючий вплив на всі стадії будівельного процесу як такого, так і безпосередньо на будь-яку із складових підсистем зведення об'єкта на всіх етапах виконання робіт. Крім того, відмова однієї з підсистем будівництва може стати причиною виникнення відмов в інших підсистемах. Тому спроможність

розробників організаційно-технологічних рішень зведення об'єктів передбачити виникнення відмов у процесі будівництва дуже актуальна в сучасних умовах.

Мета роботи - визначити вплив різних факторів на надійність календарного планування і реалізації будівельних планів, позначити особливості відмов, характерних для будівельної галузі.

Результати досліджень. Класифікація відмов та причин їх виникнення загальновідома. Більшість авторів, що досліджували проблеми організаційно-технологічної надійності в будівництві, виділяють такі причини:

технічні - вихід із ладу машин і механізмів, інженерних мереж, комунікацій, низька якість матеріалів, проектні зміни в процесі будівництва;

технологічні - порушення технологічних регламентів виконання робіт, усунення браку, поява непередбачених робіт, зміна числового і кваліфікованого складу

виконавців, порушення правил техніки безпеки;

організаційні - зміщення термінів подання фронту робіт, несвоєчасне забезпечення документацією, зрив термінів робіт субпідрядними організаціями, зміна послідовності виконання робіт, перерви в ресурсозабезпеченні, відсутність робітників необхідної кваліфікації;

управлінські - порушення виробничого зв'язку та інформації, несвоєчасне прийняття рішень, помилки оперативного планування, некомпетентність керівництва;

соціальні – невихід або запізнення виконавців на роботу, невиконання виробничих завдань, низька кваліфікація виконавців, відсутність або низька зацікавленість ІТР;

кліматичні – снігопад, ожеледиця, сильний вітер, злива, морози, стихійні лиха.

Але усіх учасників інвестиційного процесу цікавить потужність впливу кожного з наведених факторів для своєчасного реагування на дію кожного фактора, а в ідеалі – заздалегідь (на етапі розроблення організаційно-технологічних рішень) передбачити можливі негативні наслідки від впливу (появи) цих факторів на будівництво та своєчасно їх усунути. Проте це вимагає постійно відволікати певну кількість ресурсів. Тому завдання полягає як у забезпеченні будівельників цими ресурсами (в багатьох випадках їх обсяг регламентується певними нормами), так і в зменшенні їх негативного впливу з урахуванням ймовірнісного характеру виникнення певних відмов.

Для цього виконано експертну оцінку вагомості впливу кожного з наведених факторів. Для оцінювання були залучені керівники та провідні фахівці будівельних організацій, проектувальники та науковці. Після опрацювання наданих експертних оцінок отримано такі результати:

- технічні фактори – 21 %;
- технологічні – 20 %;
- організаційні – 24 %;
- управлінські – 15 %;
- соціальні – 10 %;
- кліматичні – 10 %.

Специфіка будівельного процесу характеризується значною кількістю факторів, які негативно впливають на техніко-економічні показники будівництва, лівова частка яких полягає в недостатній якості організаційно-технологічних рішень. До основних належать:

- нераціональне використання робітників та машин;
- неправильна комплектація бригад;
- погана організація робочого місця;
- невідповідність фронту робіт;
- незручне складування і збереження конструкцій на будівельному майданчику;
- відсутність необхідних інструментів, засобів; виправлення заводських дефектів у готових конструкціях і виробках;
- виправлення браку в роботі;
- порушення трудової дисципліни;
- хвороба виконавців; поломки машин і механізмів;
- перебої в постачанні енергоресурсів;
- відсутність необхідних матеріалів конструкцій;
- складні погодні умови тощо.

Наявність цих факторів означає, що досягнення кінцевого результату в будівництві, а саме, введення в дію об'єктів до певного терміну (визначеного в договорі), можна передбачити з певною ймовірністю.

Вивчення теорії та практики капітального будівництва дозволяє стверджувати, що організаційно-технологічна надійність значною мірою формується та визначається на стадії проектування будівельних об'єктів і методів їх зведення.

Сьогодні перед проектувальниками постають зовсім нові завдання, зумовлені значним збільшенням кількості елементів, функціональних зв'язків, вхідних і вихідних характеристик проєктованих об'єктів.

Проектування сучасних складних об'єктів потребує участі великих колективів різних спеціалістів. Крім архітекторів, конструкторів, інженерів до роботи над проєктами залучається значна кількість фахівців інших технічних спеціальностей, а також економічних та гуманітарних.

Узгодження всіх розділів проектів настільки ускладнилося що його вже неможливо здійснювати традиційними методами на плоских кресленнях, виникла потреба застосування об'ємного макетування, BIM-технологій.

Суттєву роль відіграє технологічність продукції. Технологічність – це сукупність технічних властивостей об'ємно-конструктивних рішень будівельних об'єктів, що характеризують їх відповідність вимогам будівельного виробництва та експлуатації, а також визначають величину знову створених вартостей у процесах виготовлення конструкцій, їх транспортування та зведення будівель; є основною комплексною характеристикою технічного рівня та досконалості проекту, що передбачає на стадії проектування об'єкта забезпечення високого рівня організаційно-технологічної надійності будівельного виробництва; комплексна характеристика технологічності чотирьох підсистем – виготовлення, транспортування, зведення (монтажу) конструкцій та експлуатації будівлі.

Будівельна технологічність – комплексна характеристика технологічності трьох підсистем - виготовлення, транспортування та зведення конструкцій будівельного об'єкта за певних обмежень з боку підсистеми експлуатації будівлі.

Монтажна технологічність - характеристика технологічності підсистеми монтажу конструкцій за певних обмежень з боку інших підсистем.

При цьому дослідження будівельної технологічності аналізують взаємні зв'язки чотирьох підсистем: об'ємно-планувальних рішень (ОПР), конструктивних рішень (КР), організації виробництва (ОВ) та технології виробництва (ТВ). Кожна підсистема описується значною кількістю відносних показників технологічності, які об'єднуються в чотири цільові функції:

ОПР – максимальна концентрація загального обсягу будівлі за умови найбільш рівномірного розташування різноманітних конструкцій з найменшим обсягом та числом їх видів;

ОВ – повне використання засобів виробництва за найбільш тривалого, безперервного виконання процесів у фіксований термін будівництва;

КР – максимальна однорідність та готовність конструкцій за мінімальної ваги та рівноваги;

ТВ – максимальне використання інтенсивності процесу за мінімальної вартості виробництва.

Практика будівництва свідчить, що резервні ресурси в будівельних організаціях, як правило, відсутні та обсяг їх украї невеликий. За сучасних умов у першу чергу обмежені фінансові ресурси, а їх резервування також пов'язане з виплатою банківських відсотків, що відбивається на фінансовій діяльності будівельної організації, особливо в умовах ринку.

Також за сучасних ринкових умов практично неможливо створити значні резерви фронту робіт (що спричинює зростання обсягів незавершеного будівництва).

За цих умов забезпечення заданого рівня надійності будівельного виробництва може бути досягнуте не тільки і не стільки резервуванням ресурсів (матеріальних, трудових, фінансових, часових), скільки заміною організаційно-технологічних рішень, яку можливо назвати методом варіантності.

У цьому контексті варіантність виступає як засіб підвищення організаційно-технологічної надійності шляхом порівняння можливих варіантів технології та організації будівельного виробництва, а саме, шляхом використання низки можливих за даних умов методів виконання будівельно-монтажних робіт, зміни послідовності здійснення процесів будівництва, ступеня їх суміщення, тривалості та інтенсивності.

Із розвитком та ускладненням усіх видів техніки проблема надійності набуває загального значення. Сучасна теорія надійності розвивається, головним чином, у зв'язку з потребами технічних систем.

Як відомо, базове поняття теорії надійності становить поняття *відмови*, тобто повного або часткового виходу системи з

ладу (втрати основної якості). При цьому часто не проводиться важлива в економічному та технічному сенсі диференціація таких, безумовно різних, відмов, як відхилення параметрів системи від проектних значень та порушення роботи системи, які самі усуваються («збої»), повний вихід системи з ладу. Усі відмови мають випадковий характер, оскільки викликаються впливом тимчасових факторів. Тому надійність системи визначається ймовірністю відмови у продовж гарантованого проектом терміну безперервної роботи системи.

Відмова може бути *миттєвою* (рис. 1) або *параметричною* (рис. 2).

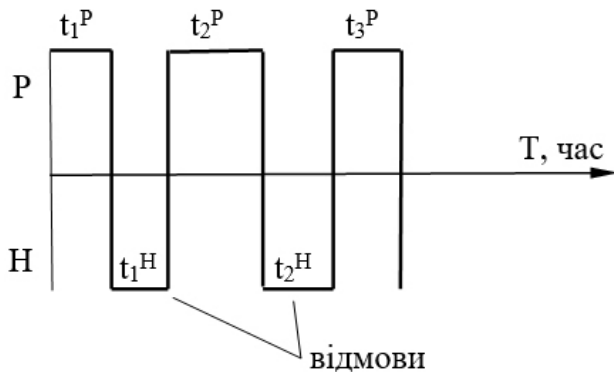


Рис. 1. Схема миттєвої відмови:

Р – робочий (працездатний) стан системи;
Н – непрацездатний стан системи; t^P – час роботи системи; t^H – час відновлення системи (система перебуває в непрацездатному стані)

Тоді надійність системи можна описати формулою:

$$N = \frac{\sum_{i=1}^n t_i^p}{\sum_{i=1}^n t_i^p + \sum_{i=1}^n t_j^h} \cdot (1)$$

Отже, формула ризику можливого відхилення функціонування системи від заданих параметрів матиме вигляд:

$$R = \frac{\sum_{i=1}^m t_j^h}{T_3}, (2)$$

де T_3 – загальний час функціонування системи.

Для систем будівельного виробництва характерні не повні відмови, а часткові (збої), які самоусуваються в процесі безперервного функціонування системи. При цьому параметри системи суттєво

відхиляються від нормативних, але величину цих відхилень ми визначати поки що не можемо (не вміємо), а методи математичної теорії надійності для цього не придатні.

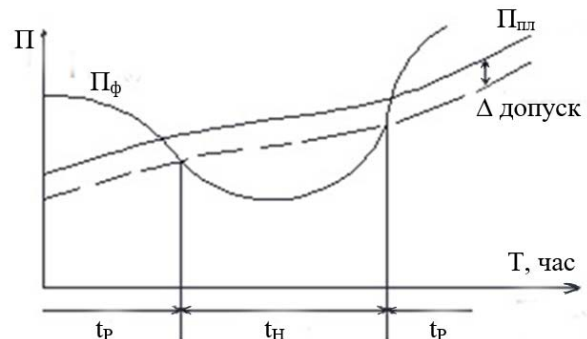


Рис. 2. Етапи параметричної відмови:

П – контрольований параметр; $P_{пл}$ – запланований графік роботи системи; $P_{ф}$ – фактичний стан роботи системи

Стрімке ускладнення систем будівельного виробництва викликає зростання кількості послідовно пов'язаних елементів (бригад, механізмів, транспортних засобів, постачальників та ін.), що, за основним законом теорії надійності, знижує надійність усієї системи пропорційно кількості елементів у геометричній прогресії.

Згідно із цим законом, навіть за відносно невеликої кількості елементів (100) та високої надійності кожного, будівельна система в цілому повинна мати невелику надійність та відмовляти практично в 50 % випадків.

Але практика показує, що фактична надійність будівельних систем вища за значної кількості елементів системи та відносно невисокої надійності кожного.

Розгляд надійності як стійкості численних специфічних якостей будівельних систем щодо всіх можливих відхилень заданого режиму функціонування системи потребує системотехнічного проектування, виготовлення, транспортування, зведення, функціонування та інших етапів життєвого циклу будівельних систем.

У будівництві умови та закономірності пов'язані не тільки зі складністю, ймовірнісним характером, динамічністю та

ієрархічністю систем, а й з низкою *специфічних обставин*, таких як:

- значна тривалість виробничого циклу;
- необхідність здійснювати просторове членування фронту робіт (виділяти яруси, захватки);
- необхідність враховувати багато-варіантність технології, взаємну заміненість методів виконання робіт, нерухомість виготовлюваної продукції;
- необхідність залучати велику кількість субпідрядних організацій.

Крім того, в будівель процесі особливо суттєвий вплив природних умов (грунти, рельєф місцевості, клімат, погода). Усі ці обставини не залежать від застосованої системи управління, хоча ступінь їх урахування системою управління суттєво впливає на її ефективність.

Враховуючи ймовірнісну природу більшості дестабілізуючих факторів, досить складно встановити аналітичні залежності, які відображають характер та ступінь їх впливу на кінцеві показники ефективності, що й визначає необхідність їх сукупного обліку за допомогою використання ймовірнісних оцінок цих показників.

Слід виділяти не тільки «сукупний облік», а й системний. Системність у цьому випадку проявляється в тому, що висновок про надійність отримання підсумкового результату діяльності організації слід робити не на підставі окремих показників, а з урахуванням їх системного (причинно-наслідкового) взаємозв'язку.

Правомірність такої постановки питання обґрунтовується відомою з теорії ймовірності закономірністю, що надійність одного елемента і системи з таких елементів визначається по-різному і може суттєво відрізнятися залежно від схеми поєднання елементів.

Це в техніці, а в економічних розрахунках (з урахуванням організаційно-технологічних рішень) та ж тенденція спостерігається в дещо іншому вигляді. Справді, будь-який показник ефективності включає в себе декілька параметрів, що впливають на нього, кожен із них також

піддається випадковим впливам зовнішнього середовища й розглядається як структурний елемент системи. Системність цих структурних елементів визначається формулою, яка пов'язує їх між собою.

Таким чином, у розрахунках під час прийняття відповідних організаційно-технологічних рішень (ОТР) доцільно визначити надійність як одиничного показника за кожною з величин, що входять до розрахунку, так і комплексного показника надійності, встановленого на базі залежності одиничних показників.

Все це зорієнтовано на оцінку надійності підприємства як складної системи, яка визначається за допомогою діагностування всіх рівнів фінансово-виробничої діяльності організацій.

Таким чином, коли до традиційного аналізу можливих організаційно-технологічних рішень додається ще й надійність, це спрощує процес вибору варіанта рішення, адже надійність кожного показника може визначити його пріоритетність для прийняття рішення.

Висновки. До найбільш вагомих причин виникнення відмов у процесі будівництва експерти відносять організаційні (24 %), технічні (21 %) та технологічні (20 %).

Негативний вплив цих відмов на процес будівництва можна вважати більш передбачуваним, ніж це може бути внаслідок виникнення інших видів відмов, а тому має більшу вірогідність їх усунення за умови своєчасного та ефективного реагування на їх виникнення.

У заходах щодо усунення організаційних причин виникнення відмов полягають суттєві резерви економії часу та коштів, що підвищує в цілому надійність організаційно-технологічних рішень, що приймаються.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Абдуллаев Г. И. Повышение организационно-технологической надежности строительства линейно-протяженных сооружений методом прогнозирования отказов / Г. И. Абдуллаев, В. З. Величкин, Т. Н. Солдатенко // Инженерно-строительный журнал. – 2013. – № 3. – С. 43–50. – Режим доступа: http://www.engstroy.spb.ru/index_2013_03/velichkin.pdf. – Перевірено 1.11.2018.
2. Величкин В. З. Управление и надежность реализации строительных программ / В. З. Величкин // Инженерно-строительный журнал. – 2014. – № 7. – С. 74–79. – Режим доступа: engstroy.spb.ru/index_2014_07/10.pdf. – Перевірено 1.11.2018.
3. Гусаков А. А. Организационно-технологическая надежность строительного производства (в условиях автоматизированных систем проектирования) / А. А. Гусаков. – Москва : Стройиздат, 1974. – 252 с.
4. Млодецкий В. Р. Организационно-технологическая и управленческая надежность функциональной системы строительной организации : автореф. дис. ... д-ра техн. наук : спец. 05.23.08 / Млодецкий Виктор Ростиславович ; Приднепр. гос. акад. стр-ва и архитектуры. – Днепропетровск, 2005. – Режим доступа: <http://referatu.net.ua/referats/7569/160940>. – Перевірено 1.11.2018.
5. Недавний О. И. Оценка организационно-технологической надежности строительства объектов / О. И. Недавний, С. В. Базилевич, С. М. Кузнецов // Системы. Методы. Технологии. – 2013. – № 2(18). – С. 137–141. – Режим доступа: http://brstu.ru/static/unit/journal_smt/docs/number18/137-141.pdf. – Перевірено 1.11.2018.
6. Bratcu A. I. Some new results on the analysis and simulation of bucket brigades (self-balancing production lines) / A. I. Bratcu, A. Dolgui // International Journal of Production Research. – 2009. – Vol. 47, no. 2. – Pp. 369–387. – Режим доступа: www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/00207540802426128. – Перевірено 1.11.2018.
7. Min-Lan Yang. Enhancement of scheduling reliability in building project using theory of constraint / Min-Lan Yang, Tsung-Chieh Tsai // Journal of the Operational Research Society of Japan. – 2008. – Vol. 51, no. 4. – Pp. 284–298. – Режим доступа: http://www.orsj.or.jp/~archive/pdf/e_mag/51-4-284-298.pdf. – Перевірено 1.11.2018.

REFERENCES

1. Abdullaev G.I., Velichkin V.Z. and Soldatenko T.N. *Povyshenie organizatsionno-tekhnologicheskoy nadezhnosti stroitelstva lineynoprotyazhennykh sooruzheniy metodom prognozirovaniya otkazov* [Improving the organizational and technological reliability of linear facility building by failures predicting]. *Inzhenerno-stroitelnyy zhurnal* [Journal of civil engineering]. 2013, no. 3, pp. 43–50. Available at: http://www.engstroy.spb.ru/index_2013_03/velichkin.pdf (in Russian).
2. Velichkin V.Z. *Upravlenie i nadezhnost realizatsii stroitelnykh programm* [Management and reliability of construction programs implementation]. *Inzhenerno-stroitelnyy zhurnal* [Magazine of civil engineering]. 2014, no. 7, pp. 74–79. Available at: engstroy.spb.ru/index_2014_07/10.pdf (in Russian).
3. Gusakov A.A. *Organizatsionno-tekhnologicheskaya nadezhnost stroitel'nogo proizvodstva* [Organizational-technological reliability of building production]. Moscow: Stroyizdat, 1974, 252 p. (in Russian).
4. Mlodetskiy V.R. *Organizatsionno-tekhnologicheskaya i upravlencheskaya nadezhnost funktsionalnoy sistemy stroitel'noy organizatsii. Avtoreferat, diss.* [Organizational-technological reliability and management of the functional system of a construction company. Author's abstract, dis.]. *Pridnepr. akad. stroitelstva i arhitektury* [Prydniprov'ska state academy of civil engineering and architecture]. Dnepropetrovsk, 2005, 20 p. Available at: <http://referatu.net.ua/referats/7569/160940>. (in Russian).
5. Nedavniy O.I., Bazilevich S.V. and Kuznetsov S.M. *Otsenka organizatsionno-tekhnologicheskoy nadezhnosti stroitelstva obyektov* [Evaluation of organizational and technological reliability of building objects]. *Sistemy. Metody. Tekhnologii* [Sistems. Methods. Technologies]. 2013, no. 2. (18). pp. 137–141. Available at: http://brstu.ru/static/unit/journal_smt/docs/number18/137-141.pdf. (in Russian).
6. Bratcu A.I. and Dolgui A.A. *Some new results on the analysis and simulation of bucket brigades*. International Journal of Production Research. 2009, vol. 47, no. 2, pp. 369–387. Available at: www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/00207540802426128. –
7. Min-Lan Yang and Tsung-Chieh-Tsai. *Enhancement of scheduling reliability in building project using theory of constraint*. Journal of the Operational Research. 2008, vol. 51, no. 4, pp. 284–298. Available at: www.orsj.or.jp/~archive/pdf/e_mag/51-4-284-298.pdf.

Рецензент: Кравчуновська Т. С., д-р техн. наук, проф.

Надійшла до редколегії: 03.03.2018 р.