

УДК 658.51:69.05

Зельцер Р.Я., к.е.н., проф., Дубінін Д.В.,  
КНУБА, м. Київ**ПРИКЛАДНИЙ ІНСТРУМЕНТАРІЙ  
ФОРМАЛІЗАЦІЇ ПРОЦЕСІВ ОРГАНІЗАЦІЇ  
БУДІВНИЦТВА**

У статті проведено аналіз загального стану ресурсного потенціалу та управління ресурсним забезпеченням будівництва. Проводиться оцінка ефективності використання ресурсів будівництва, прогнозування ресурсних потоків, планування ресурсного забезпечення. Створена модель прогнозування відхилень реальних термінів поставки ресурсів від планових, які визначені на стадії розробки проектно-технологічної документації. Використовується фрактальний аналіз для оцінки ресурсних потоків і система адаптивних моделей Хольта, Хольта-Вінтерса, поточних середніх і т.д.

*Ключові слова:* будівництво, управління ресурсами, прогнозування, адаптивні методи, ресурсне забезпечення, ресурсні потоки.

**Постановка проблеми.** Одним з найважливіших факторів, який знижує ефективність системи організації будівництва є стохастичність будівельного процесу. Як наслідок, при будівництві будь-якого об'єкту існує значна кількість відхилень фактичних термінів та обсягів постачання ресурсів від проектних, що визначаються на підставі календарних графіків виконання робіт, графіків надходження на об'єкт будівельних конструкцій, виробів, матеріалів і устаткування тощо у складі ПВР. Прийняттю ефективних рішень щодо мінімізації існуючих відхилень на рівні організації процесів будівництва об'єкту перешкоджає відсутність дієвої системи інформаційного обміну між учасниками будівельного процесу та різними рівнями управління, запізнення оперативної

інформації щодо наявних ресурсів та відхилень реальних термінів їх постачання від проектних, відсутність єдиної системи формалізації процесів організації будівництва для всіх учасників будівельного процесу та відповідного інструментарію для прогнозування потреби в різних видах ресурсів.

**Аналіз публікацій.** Вирішення завдань щодо формалізації процесів організації будівництва здійснювали наступні українські та закордонні вчені: І.В. Багрова, В. Бансал, Дж. Белман, Є.В. Бондаренко, М.С. Будніков, А. Ебнер, А.Д. Єсипенко, В. Кук, О.М. Лівінський, В.О. Поколенко, А.В. Радкевич, В.І. Садовський, В.І. Торкатюк, О.А. Тугай, Р.Б. Тянь, С.А. Ушацький, В.Г. Федоренко, О.В. Федосова, В.К. Черненко, Ф. Холт та інші.

Аналіз їх праць і практичного досвіду дозволив зробити висновок, що у даний час визначено основні системні принципи та методи формалізації процесів організації будівництва. Даний підхід є теоретичною основою для побудови інформаційної організаційно-технологічної моделі та системи адаптивних моделей у якості інструментарію формалізації процесів організації будівництва.

**Метою статті** є розроблення інструментарію та побудова нового інформаційно-аналітичного простору для виконавців робіт (на рівні організації-виконавців, відповідальних працівників, будівельних процесів, будівельного майданчика, ділянки тощо), спрямованого на мінімізацію відхилень реальних термінів постачання ресурсів на об'єкт від проектних, які визначено на етапі (стадії) розроблення проектно-технологічної документації (ПОБ, ПВР).

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Прогнозування можливих відхилень термінів постачання ресурсів на будівельний майданчик запропоновано здійснювати з урахуванням тенденцій попередніх періодів на основі оперативної інформації, що надходить в реальному режимі часу, в залежності від фрактальних характеристик аналізованого ряду.

В якості об'єкта-представника для

побудови СРЗ будівництва обрано багатофункціональний логістичний комплекс в с.Чайки по вул. В.Чайки 16 (рис.1).

Комплекс у якості об'єкта-представника відповідає наступним вимогам:

1. Є типовим об'єктом в регіоні (Київська обл.).
2. Техніко-економічні показники об'єкта відповідають середньому технічному рівню об'єктів-аналогів та мають схожі ресурсно-технологічні моделі.
3. Об'ємно – планувальні і конструктивні рішення здійснені раціонально, відображають сучасні технологічні та конструктивні проектні вимоги.
4. Проектна документація розроблена

відповідно до діючих норм, має позитивний висновок державної експертизи.

5. Ресурсно-технологічна модель об'єкта повинна найбільш повно відображати характерні для даного типу об'єктів конструктивні, технічні, технологічні, організаційні рішення.

Основу об'ємно-планувальної композиції складають значні за величиною споруди складського корпусу, доповнюють її адміністративно-офісна будівля у 9 поверхів та етажерка, де розміщені доклевеллери та побутово-технічні приміщення.

Основні характеристики об'єктів комплексу наведено в табл. 1.

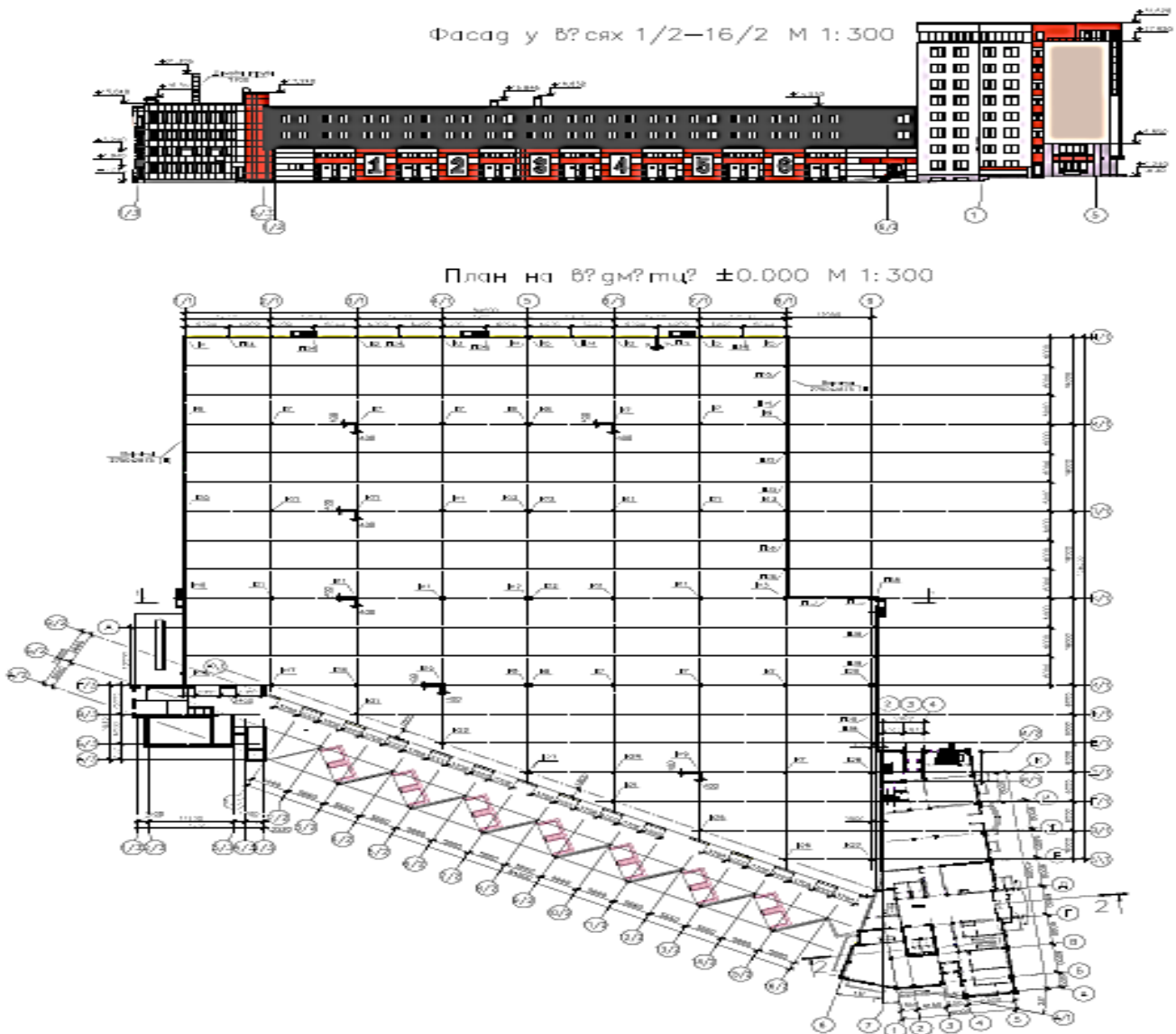


Рис. 1. План на відмітці 0.000 та фасад багатофункціонального логістичного комплексу в с.Чайки по вул. В.Чайки 16

**Таблиця 1**  
Перелік об'єктів комплексу та їх характеристики

Техніко-економічні показники	Об'єкти комплексу		
	Складські приміщення	Адміністративні - офісна будівля	Набудовані побутово-технічні приміщення
Розміри в плані	(84x72)+(84x42/2)+18x12	52x16	(27,3x11,7)
Площа, м <sup>2</sup>	9051	8416	1313
Будівельний об'єм, м <sup>3</sup>	93526,2	29947	19919,4

Комплекс складається із трьох об'єктів, а саме: складських приміщень з розвантажувальною рампою, адміністративно-офісної будівлі на 9 поверхів, побутово-технічних приміщень.

Технічними рішеннями передбачаються розміщення будівель і споруд багатопільового логістичного комплексу з дотриманням технологічних, протипожежних, санітарних та будівельних норм.

Техніко-економічні показники комплексу:

1. Будівельний об'єм – 143392,5 м<sup>3</sup>.
2. Загальна корисна площа – 18780 м<sup>2</sup>.
3. Кошторисна собівартість – 134,2 млн.грн.
4. Кошторисна собівартість БМР – 22,07 млн грн.
5. Вартість 1м<sup>2</sup> комплексу – 7135 грн.
6. Вартість 1м<sup>3</sup> комплексу – 934 грн.
7. Трудомісткість – 33104 люд\дні.
8. Питома трудомісткість – 0,223 люд\дні/м<sup>3</sup>.
9. Середньодобовий виробіток – 664 грн/люд-дн.
10. Тривалість будівництва – 599 дн.

Організаційно-технологічна модель процесу будівництва об'єкта відображає взаємозв'язок і послідовність виконання будівельних і монтажних робіт у відповідності з прийнятими методами їх виконання, містить необхідну інформацію, включаючи дані про обсяги і строки виконання робіт і будівництва в цілому.

Прийнято наступну послідовність будівництва кожного об'єкту:

1. Адміністративно-офісна будівля на дев'ять поверхів
2. Складські приміщення
3. Побутово-технічні приміщення

Складські приміщення починають зводитись після закінчення земляних робіт на адміністративно-офісній будівлі (обґрунтування: звільнення бульдозера ДТ-75 та екскаватора Caterpillar 320D).

Побутово-технічні приміщення починають зводити після завершення монтажу конструкцій на складських приміщеннях (обґрунтування: звільнення кранів МКГ-25 БР).

Будівлю умовно поділено на два пускові комплекси:

I пусковий комплекс – адміністративно-офісна будівля, яка після зведення відгороджується від будівельного майданчика і вводиться в експлуатацію, тим самим виконується реінвестування затрачених коштів.

II пусковий комплекс складається з частини 1 (складські приміщення) та частини 2 (побутово-технічні приміщення). Фундаментні роботи виконуються одночасно по двох частинах, а зведення надземної частини побутово-технічних приміщень виконується після закінчення зведення складських приміщень. Виконання внутрішніх робіт по складських приміщеннях та зведення надземної частини побутово-технічних приміщень відбувається за графіком суміщення. Укрупнену номенклатуру робіт встановлюють на основі об'єднання в один комплекс робіт, організаційно та технологічно пов'язаних між собою, а також робіт, які виконуються окремими спеціалізованими організаціями або загальнобудівельними комплексними бригадами.

Загальну потребу в основних конструкція і матеріалах визначають за проектно-кошторисною документацією. Для прикладу наведено розрахунок матеріалів, що використовують на будівництві, у період з 235 по 394 день (табл. 2.).

Таблиця 2

## Розрахунок площі складів на визначений період будівництва

№	Найменування матеріалів	Од.виміру	Загальна кількість	Тривалість робіт	Найбільша добова витрата	Прийнятий запас на складі в днях	Прийнятий запас на складі в натуральних показниках	Норма збереження на 1 м <sup>2</sup>	Розрахункова площа складу, м <sup>2</sup>	Прийнята площа складу м <sup>2</sup> ·м=м <sup>2</sup>	Тип складу
1	Колони з/б	шт	56	6	12,32	2	24,64	0,4	61,60	12x5=60	Відкритий
2	Профнастил	м <sup>2</sup>	8150,0	26	413,77	5,5	2275,73	45	50,57	6x8=48	Навіс
3	Утеплювач	м <sup>2</sup>	8150,0	32	336,19	4	1344,75	22	61	6x10=60	Закритий
5	Руберойд 4 шари	рул.	1304,0	32	53,79	5	268,95	11	24,45	5x5=25	Закритий
6	Газоблок на одне перекриття	піддон	55,00	96	0,76	10	7,56	0,69	10,96	2,5x5=12,5	Відкритий
7	Арматура на одне перекриття	т	28,00	1	36,96	1,5	55,44	1,1	50,40	5x10=50	Навіс
7	Щитова опалубка	шт	8,00			8	8,00	0,29	27,59	3x9=27	Відкритий

У цей період проводяться наступні роботи:

## 1. Складські приміщення:

- зведення надземного каркаса (з/б колони, металеві балки);
- монтаж профнастилу (профнастил);
- влаштування покрівлі (утеплювач, рулонні матеріали).

## 2. Адміністративно-побутові приміщення:

- влаштування перекриття (щитова опалубка, арматура);
- зовнішні стіни (газоблок).

Уточнення розрахунку об'ємів складу (табл. 2).

Перелік основних матеріалів, виробів і конструкцій, будівельних машин і механізмів, орієнтовна вага конструкцій, переміщення яких відбувається згідно з вантажопідйомністю кранів для кожної черги будівництва, що слугують інформаційною основою дослідження, наведено у табл. 3.



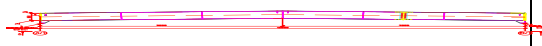

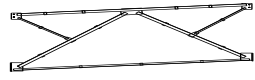

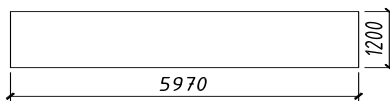
Створення системи формалізації організації будівництва об'єкта, в основу якої закладено принцип мінімізації відхилень, проводиться у сім етапів. Прогнозування можливих відхилень термінів постачання ресурсів на будівельний майданчик запропоновано здійснювати з урахуванням тенденцій

попередніх періодів на основі оперативної інформації, що надходить в реальному режимі часу, в залежності від фрактальних характеристик аналізованого ряду. Даний підхід є теоретичною основою для побудови інформаційної організаційно-технологічної моделі та системи адаптивних моделей у якості складових єдиної інноваційної СФПБ будівництва, що враховує при прогнозуванні термінів постачання ресурсів стохастичність будівельного процесу шляхом застосування нового інструментарію, призначеного для прогнозування зривів та відхилень у постачанні ресурсів, а також в удосконаленні інформаційного обміну між керівництвом та лінійним персоналом окремих підрядних підприємств та між усіма учасниками будівельного процесу.

Прогнозування динаміки руху ресурсних потоків будівництва здійснюється на основі календарних графіків виконання робіт, графіків надходження на об'єкт будівельних конструкцій, виробів, матеріалів і устаткування, руху робочих кадрів і основних будівельних машин по об'єкту у складі ПВР, фрагмент яких наведено на рис. 2.

**Таблиця 3**

Специфікація елементів до монтажу при будівництві складського приміщення (фрагмент)

№ п/п	Назва елемента	Ескіз и основні розміри конструкцій, мм	Марка елемента	Маса одного елемента, т
1	Колони каркаса		К-1 – К-26	4,7
2	Колони фахферка		КФ1	2
3	Балка перекриття (18м)		ГБ-1	2,5
4	Прогони настилу (12м)		П1	1,15
5	В'язі покриття (18м)		змінна	змінна
6	Профільований сталевий лист (3х6м)		ФС-3	0,5
7	Стінова панель		ПС/12*6	0,49

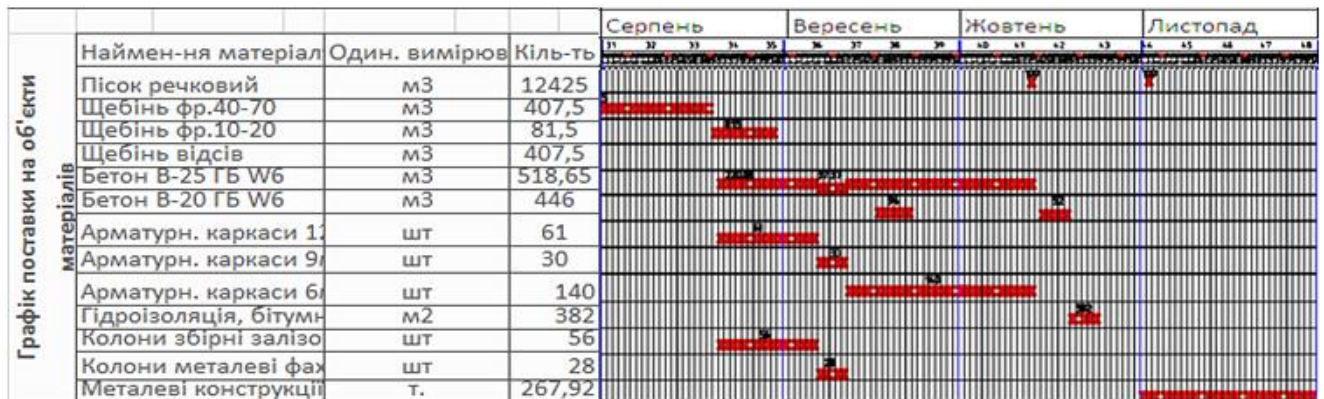


Рис. 2 .Фрагмент вихідних даних для прогнозування відхилень реальних термінів постачання ресурсів на об'єкт від фактичних (фрагмент)

Розрахунок характеристик часового ряду наведено в табл. 4 (на прикладі процесу «влаштування паль»). Часовий ряд потреби в ресурсах формується на основі оперативних даних з будівельного майданчика. В кожен момент часу фіксується кількість ресурсів, що необхідно залучити до роботи, та розраховуються фрактальні характеристики ряду. Чим більш персистентний часовий ряд, тим більш трендостійкий рух матеріальних потоків.

У результаті визначено, що відхилення термінів постачання бетону В-25 складає 2 дні (рис.3).

Рішення щодо коригування графіків

руху ресурсних потоків будівництва приймаються відповідальною особою на основі прогнозованого відхилення.

**Висновки і перспективи подальших досліджень.** Доведено практичну доцільність розробленого інструментарію формалізації процесів організації будівництва шляхом впровадження отриманих результатів у практику будівництва об'єктів м.Києва, створено інформаційну базу та відповідний програмний продукт, що має простий та доступний вигляд, дає можливість швидко та ефективно здійснювати розрахунки.

Таблиця 4

Розрахунок показника Херста (H) та відхилень  $\Delta_{1-4}$  за різними моделями (фрагмент)

№ п/п	Найменування і комплекс робіт	Тривалість	Термін								$\Delta_1$	$\Delta_2$	$\Delta_3$	$\Delta_4$
			Фактичний	відхилення	$\chi_i - X$	$\sum(\chi_i - X)$	Розрахунковий, за методами 1-5							
			$t_{\text{факт}}$	2	-6,5909	-6,5909	$t_1$	$t_2$	$t_3$	$t_4$				
1	Влаштування бурінекційних паль L=12м	15	26	2	-6,5909	-13,1818	25	26	26	27	1	0	0	0
2			27	4	-4,5909	-17,7727	25	29	27	28	2	-2	0	-2
3			28	5	-3,5909	-21,3636	26	30	28	29	2	-2	0	-2
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
20	Влаштування бурінекційних паль L=6м	28	26	18	9,4091	1,5909	25	26	26	27	26	1	0	-1
21			27	7	-1,5909	0,0000	25	29	27	28	29	2	-2	0
22			28	2	-6,5909	-6,5909	26	30	28	29	30	2	-2	0
			X	8,5909	max	1,5909				2,45	4,55		5,77	0,18
			S	4,0972	min	-34,5000								
			R	36,09										
			R/S	8,8086										
			Log(R/S)	0,9449										
			Log(N* $\pi$ /2)	1,5385										
			H	0,6142										

Отримані результати дозволяють сформулювати напрямки подальшої дослідницької роботи. До них відноситься розроблення інтегрованої схеми управління відхиленнями будівельного процесу, що об'єднує в собі СФПБ будівництва об'єкта, систему управління витратами, якістю об'єкта будівництва, а також розроблення відповідного програмного забезпечення.

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ:

- Берзлев (Кучанський) О.Ю. Методика передпрогнозного фрактального аналізу часових рядів [Текст] / О.Ю. Берзлев // Управління розвитком складних систем. – Київ, 2013. – Вип. 16. – С. 76-81.
- Берзлев, О.Ю. Метод прогнозування знаків приростів часових рядів / О.Ю. Берзлев // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. – 2013. – Вип. 2/4, ном. 62. – С. 8-11.
- Беленкова О.Ю. Система методів управління розвитком будівельного підприємства / О.Ю. Беленкова //

Економіка та держава. – 2007. – №9. – С. 38 – 42.

4. Імітаційне моделювання розвитку будівельного підприємства. К.В. Ізмайлова, О.Ю. Беленкова - Problems of a systemic approach to the economy enterprises Vol No 4 2007 <http://jrn1.nau.edu.ua/index.php/EPsAE/article/view/3953>

5. Дубінін Д.В. Методичні основи створення бінарної системи управління ресурсним забезпеченням будівництва / Р.Я Зельцер, Д.В. Дубінін // Будівельне виробництво – 2015. - Вип. 58- С.13 -17.

6. Ізмайлова К. В. Система експертизи ефективності інвестиційних процесів на стадії техніко-економічного обґрунтування / К. В. Ізмайлова, О. В. Ізмайлова // Управління розвитком складних систем. - 2010. - Вип. 4. - С. 45-54.

7. Кучанський О. Ю. Прогнозування часових рядів методом співставлення зі зразком [Текст] / О.Ю. Кучанський, В.В. Ніколенко // Управління розвитком складних систем. – 2015. - № 22 (1). – С. 101-106.

**REFERENCES:**

1. Berzlev (Kuchansky) O.Yu. (2013) The method of pre-prognostic fractal analysis of the time series. Kiev, Ukraine: Managing development of complex systems. P. 76-81.
2. Berzlev, O.Yu. (2013) The method of predicting the signs of increment in hours of series Kiev, Ukraine : Eastern-European Journal of Enterprise Technologies №62 P.8-11
3. Belynkova O.Yu. (2007) A system of methods for managing a routing of everyday issues Kiev, Ukraine : Country and Economics №9 P. 38 - 42.
4. K.V. Izmailova, O.Yu. Belenkova (2007) Kiev, Ukraine : Simulation of construction enterprises - Problems of a systemic approach to the economy enterprises №4.
5. Dubinin D.V. (2015) Methodical basis of the binary management system for resource management of the construction Kiev, Ukraine : Building construction №58 P.13-17
6. Izmylova K.V. (2010) The system of examination of efficiency of investment in the technological and economical department Kiev, Ukraine : Managing development of complex systems №4 P. 45-54
7. Kuchansky, O. Yu (2015). Time delays prediction using comparing methods with example Kiev, Ukraine : Managing development of complex systems №22 P. 101-106.

**АННОТАЦИЯ**

*В статье проведен анализ общего состояния ресурсного потенциала и управления ресурсным обеспечением стройки. Проводится оценка эффективности использования ресурсов строительства, прогнозирование ресурсных потоков, планирование ресурсного обеспечения. Создана модель прогнозирования отклонений реальных сроков поставки ресурсов от плановых, которые определены на стадии разработки проектно-технологической документации. Используется фрактальный анализ для оценки ресурсных потоков и система адаптивных моделей Хольта, Хольта-Винтерса, текущих средних и т.д.*

*Ключевые слова: строительство, управление ресурсами, прогнозирование, адаптивные методы, ресурсное обеспечение, ресурсные потоки*

**ANNOTATION**

*The article analyzes the general state of the resource potential and management of resource support. An assessment is made of the efficiency of the use of construction resources, the forecasting of resource flows, and the planning of resource provision. A model is created for forecasting the deviations of the real delivery time of resources from planned ones that are determined at the stage of development of design and technological documentation. Fractal analysis is used to estimate resource flows, and the system of adaptive models of Holt, Holt-Winters, current averages, etc.*

*Keywords: construction, resource management, forecasting, adaptive methods, resource support, resource flows*