

Исследование выполнения строительного процесса с заданным значением вероятности достижения запланированного уровня

А.О. Резников, Г.В. Воронкова

Волгоградский государственный технический университет, Волгоград

Аннотация: Статья посвящена изучению возможности реализации принципов вероятностного проектирования строительного производства на примере технологической операции устройства железобетонных стен и перегородок.

Ключевые слова: строительство, моделирование, вероятностное проектирование, надежность.

Современные нормативные документы, регламентирующие производственный процесс в строительстве, не учитывают вероятностный характер характеристик технологического процесса. Актуальным является возможность оценки вероятности достижения строительной системой проектных значений, которая рассматривается в данной статье.

Рассмотрим определение значения исходного для проектирования показателя, при устройстве железобетонных стен и перегородок, обеспечивающего выполнение строительного процесса в запланированный срок и с запланированной стоимостью с вероятностью $P = 0,7$. Исходные данные: $N_{\text{чел.-час}} = 102,87$; $N_{\text{маш.-час}} = 104,86$; $V_{\text{работ}} = 4703 \text{ м}^3$; выборка производительности машин представлена на рис. 1.

Граничные значения по выборке: $P_{\min} = 103,949$; $P_{\max} = 106,071$.

Разобьем выборку на 10 равных интервалов, тогда приращение на интервале

будет равняться: $\Delta = \frac{P_{\max} - P_{\min}}{10} = \frac{106,071 - 103,949}{10} = 0,212157$.

Вероятностные характеристики выборки:

-математическое ожидание $M(x) = \sum P_i \cdot P_{cp} = 105,0547$;

-дисперсия $D(x) = M(x^2) - M(x)^2 = 0,157587$;

- среднеквадратическое отклонение $\sigma(x) = \sqrt{D(x)} = 0,396972$.

Математическое ожи	104,0549	104,2869	104,4992	104,6861	104,8852	105,1158	105,3221	105,5546	105,7536	105,9755
	208,1098	312,8608	522,4961	1570,292	2202,588	2102,316	1579,831	1477,765	317,2608	211,951
					104,888					
					104,996	105,218				
					104,969	105,212				
					104,943	105,198				
					104,937	105,186				
					104,929	105,178				
				104,792	104,927	105,161	105,427			
				104,780	104,924	105,155	105,420	105,635		
				104,767	104,914	105,145	105,396	105,622		
				104,749	104,892	105,135	105,376	105,614		
				104,737	104,880	105,124	105,365	105,610		
				104,710	104,871	105,118	105,353	105,604		
				104,698	104,867	105,096	105,339	105,590		
				104,606	104,863	105,086	105,331	105,578		
				104,649	104,859	105,073	105,322	105,569		
				104,635	104,849	105,063	105,280	105,551		
			104,561	104,678	104,835	105,057	105,267	105,533		
			104,545	104,653	104,827	105,045	105,253	105,488		
		104,349	104,514	104,631	104,814	105,031	105,241	105,478	105,741	
	103,949	104,214	104,480	104,614	104,806	105,022	105,235	105,455	105,669	106,071
	104,161	104,298	104,396	104,592	104,798	105,014	105,225	105,437	105,851	105,880
Интервалы	103,949	104,175	104,373	104,585	104,798	105,010	105,222	105,434	105,646	105,858
	104,175	104,373	104,585	104,798	105,010	105,222	105,434	105,646	105,858	106,071
Количество событий	2	3	5	15	21	20	15	14	3	2
Вероятность	0,02	0,03	0,05	0,15	0,21	0,2	0,15	0,14	0,03	0,02

Рис. 1. Выборка значений производительности машин с гистограммой распределения случайной величины

На рис.2 представлена кривая изменений вероятности достижения определенного значения производительности в ходе осуществления строительного процесса.

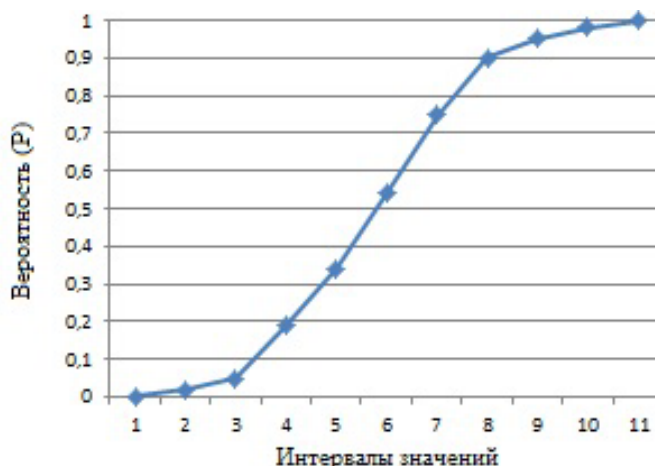


Рис.2. Кривая изменений вероятности

Значение производительности, соответствующее уровню надежности (по условию задачи) $P = 0,7$, определим с помощью метода интерполяции:

$$P(P = 0,7) = P_0 - \Delta \left[\frac{0,7 - P_1}{P_2 - P_1} \right] = 104,85.$$

Аналогично определяем значения нормы затрат рабочего времени, соответствующего вероятности выполнения строительного процесса со значением, не более запланированного 0,7. Выборка значений нормы затрат рабочего времени с гистограммой распределения случайной величины представлена на рис. 3.

Математическое ож	101,774	102,425	102,33717	102,64329	102,74077	103,0798	104,3095	103,5097	103,7413	104,051
	101,774	307,275	614,023	1437,006	2260,297	1030,798	2607,737	1552,645	311,224	104,051
							103,162			
							103,172			
							103,178			
							102,688			
							102,692			
							102,696			
							102,705			
							102,717			
							102,738			
							102,748			
							102,752			
							102,684			
							102,675			
							102,625			
							102,632			
							102,640			
							102,654			
							102,661			
							102,601			
							102,251			
							102,333			
							102,366			
							102,174			
							102,111			
							101,774			
Интервалы	101,774	102,002	102,230	102,458	102,686	102,914	103,142	103,370	103,598	103,826
Количество событий	1	3	6	14	22	10	25	15	3	1
Вероятность	0,01	0,03	0,06	0,14	0,22	0,1	0,25	0,15	0,03	0,01

Рис. 3. Выборка значений нормы затрат рабочего времени с гистограммой распределения случайной величины

Вероятностные характеристики выборки нормы затрат рабочего времени: математическое ожидание 103,2683; дисперсия 0,507742; среднеквадратическое отклонение 0,71256.

Значение нормы времени трудозатрат соответствующее уровню надежности

$$H_{ep}(P = 0,7) = P_0 - \Delta \left[\frac{0,7 - H_{ep1}}{H_{ep2} - H_{ep1}} \right] = 102,523.$$

Потребность в рабочих кадрах, исходя из условия обеспечения синхронной работы машин и рабочих, находим из выражения

$$N = P_m \cdot H_{ep} = 10,74.$$

Следовательно, численность рабочих для обеспечения непрерывности работы строительной машины равняется 11 человекам. Интенсивность технологического процесса будет определяться производительностью машин и составит $104,85 \text{ м}^3 / \text{ч}$.

Продолжительность и стоимость производства работ с вероятностью достижения их запланированного уровня $P = 0,7$, с учетом найденных ранее значений составят:

$$T = V / I = 4703 / 104,85 = 44,85 \text{ часов,}$$

$$C = T(C_{\text{чел-ч}}N + C_{\text{маш-ч}}) = 44,85 \cdot (1410,9 \cdot 11 + 9259,24) = 3895621,67 \text{ руб.}$$

Таким образом, при принятых параметрах строительный процесс (с вероятностью 0,7) будет выполнен с продолжительностью не более 45 часов и стоимость его составит не более 3895621,67 рублей.

Применение вышеизложенного метода позволяет получить количественную оценку технологической надёжности строительного процесса, при которой проектируя строительный процесс достигает планируемые проектные показатели затрат и времени.

Литература

1. Housing Finance: Key Concepts and Terms. United Nations, New York and Geneva, 2008. 396 p.
2. Brueggeman, W. B., Fisher, J. Real Estate Finance and Investments. McGraw-Hill/Irwin, New York, NY. 2006. 784 p.
3. Побегайлов О.А. Инвестиции в условиях риска и неопределенности // Инженерный вестник Дона, 2013, №3. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2013/1895.
4. Костюченко В.В., Кудинов Д.О. Организационно-техническое моделирование проектно-строительных систем // Инженерный вестник Дона, 2013, №3. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2012/1005.

5. Николаев Ю.Н. Экономическая модель предприятия: основы формирования и примеры практического применения // Бизнес. Образование. Право. Вестник Волгоградского института бизнеса. 2011. №4. С. 194-198.

6. Лебедева Н.Б., Николаев Ю.Н. Методы экономической оценки в управлении предприятием и предпринимательской деятельностью // Предпринимательство. 2009. № 7. С. 31-35.

7. Зинченко Е.В., Рекунов С.С. Применение современных технологий в строительстве олимпийских объектов в городе Сочи // Перспективы развития строительного комплекса. 2012. Т. 2. С. 63-64.

8. Рекунов С.С. Об оценке надёжности и восстановлении эксплуатационных качеств мостовых сооружений // Интернет-журнал «Транспортные сооружения». 2016, Том 3, №2. URL: t-s.today/07TS216.html

9. Соловьева А.С. Учет особенностей при формировании затрат, входящих в договорную цену строительной продукции // Предпринимательство. 2009. № 1. С. 153-156.

10. Аксенова Н.А., Бутенко Е.А. Особенности математических методов, применяемых к решению экономических задач // Бизнес. Образование. Право. Вестник Волгоградского института бизнеса. 2013. № 1 (22). С. 81-86.

References

1. Housing Finance: Key Concepts and Terms. United Nations, New York and Geneva, 2008. 396 p.

2. Brueggeman, W. B., Fisher, J. Real Estate Finance and Investments. McGraw-Hill/Irwin, New York, NY. 2006. 784 p.

3. Pobegajlov O.A. Inženernyj vestnik Dona (Rus), 2013, №3. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2013/1895.

4. Kostyuchenko V.V., Kudinov D.O. Inženernyj vestnik Dona (Rus), 2013, №3. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2012/1005.



5. Nikolaev YU.N. Biznes. Obrazovanie. Pravo. Vestnik Volgogradskogo instituta biznesa. 2011. № 4. pp. 194-198.
6. Lebedeva N.B., Nikolaev YU.N. Predprinimatel'stvo. 2009. № 7. pp. 31-35.
7. Zinchenko E.V., Rekunov S.S. Perspektivy razvitiya stroitel'nogo kompleksa. 2012. T. 2. pp. 63-64.
8. Rekunov S.S. Internet-zhurnal «Transportnye sooruzhenija». 2016, Tom 3, №2. URL: t-s.today/07TS216.html.
9. Solov'eva A.S. Predprinimatel'stvo. 2009. № 1. pp. 153-156.
10. Aksenova N.A., Butenko E.A. Biznes. Obrazovanie. Pravo. Vestnik Volgogradskogo instituta biznesa. 2013. № 1 (22). pp. 81-86.