

Оценка надежности в строительстве

В.Н.Кабанов

Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет

Аннотация: В работе исследуется порядок определения величины производительности труда при выполнении строительно-монтажных работ вручную. Приводится специфика механизированных работ в строительстве и технологических процессов, выполняемых вручную. Делается вывод о том, что применение кривой накопленных вероятностей для определения величины производительности труда обеспечивает увеличение достоверности вычисления проектного значения продолжительности производства строительно-монтажных работ, выполняемых вручную.

Ключевые слова: надежность, строительные процессы, продолжительность, механизированные работы, работы выполняемые вручную, вероятность, распределение, кривая накопленных вероятностей, выборка, интервал.

Надежность строительного производства, как изготовление строительной продукции в срок, установленный договором подряда, является предметом исследования весьма большого числа отечественных и зарубежных авторов. Первое, наиболее полное и системное изложение подходов к количественному измерению надежности, а также классификации методов ее обеспечения при возведении зданий и сооружений приводится в работах Гусакова А.А. (1). До сегодняшнего дня большинство авторов справедливо рассматривают надежность строительства с точки зрения классических подходов, наиболее широко применяемых в технических системах (2, 3). Однако, специфика создания строительной продукции требует корректировки методов оценки надежности в строительстве (4). В этой связи появилось понятие организационно-технологической надежности (ОТН).

Если классическое определение надежности, как вероятности наступления отказа системы, достаточно подробно описано в литературе, а также регулируется государственными стандартами (ГОСТ Р 51901.5-2005, ГОСТ Р 51901.15-2005), то в отношении надежности организационно-

технологической не существует документов, регулирующих порядок вычисления ее количественного значения (5). Такое положение объясняется особенностями, связанными с определением, и как следствие, с вычислением значения ОТН (6).

Если внимательно проанализировать технологические процессы возведения зданий и сооружений, то нетрудно обратить внимание на то, что часть строительно-монтажных работ полностью механизированы (например, земляные работы: разработка грунта экскаваторами, или разравнивание грунта бульдозерами). При этом надежность функционирования таких технологических процессов целиком и полностью зависит от работоспособности применяемых машин и механизмов. Оценка надежности таких процессов будет выполняться по значению вероятности наступления отказов техники. Для оценки вероятности наступления отказов машин и механизмов целесообразно использовать действующие государственные стандарты.

Вероятно, не требует доказательств утверждение о том, что при строительстве зданий и сооружений применяются технологии, в которых доля ручного труда достигает 100%. К их числу следует относить отделочные работы, кирпичную кладку, устройство внутренних инженерных систем. При производстве перечисленных видов работ полный отказ (то есть остановка строительства) наступает достаточно редко. В этом и состоит основное отличие технологических процессов, выполняемых вручную от полностью механизированных работ.

Для оценки надежности функционирования строительных процессов с высокой долей ручного труда меняется критерий надежности. В этом случае на смену отказу системы приходит способность системы сохранять заданные параметры (7). Под параметром применительно к строительным процессам, выполняемым вручную целесообразно понимать скорость выполнения работ,

или объем работ, выполняемый в единицу времени. Очевидно, что объем работ, выполняемый в единицу времени есть производительность труда. Тогда под организационно-технологической надежностью следует понимать вероятность того, что фактическое значение производительности труда при возведении строительных конструкций будет принимать значения не ниже, установленного проектом (или не ниже значения, приведенного в соответствующих нормативных сборниках). Остается решить задачу нахождения наиболее вероятного значения производительности труда.

Для определения значения наиболее вероятного значения производительности труда, как правило, применяются классические методы теории вероятностей. Применение методов теории вероятности предполагает наличие некоторого массива значений, описывающего изменение случайной величины. Накопление такого массива значений предполагает накопление информации об изменении производительности труда. Поскольку производительность труда измеряется в единицу времени (час, смена), тогда и продолжительность накопления информации может измеряться в тех же единицах времени. Важно обратить внимание, что существующие государственные стандарты применения методов теории вероятностей, устанавливают минимальное значение количества измерений в выборке (ГОСТ Р 50.1.033-2001).

Пусть имеется 100 значений, описывающих изменение производительности труда (W_R) при выполнении отдельно взятого строительного процесса. Совершенно очевидно, что все 100 значений будут расположены в диапазоне $W_{Rmin} < W_R < W_{Rmax}$. Методы теории вероятностей предполагают необходимость разбиения диапазона на некоторое количество интервалов (8) (пусть для рассматриваемого примера установлено количество интервалов равное 7). Если каждое значение, описывающее измерение производительности труда рассматривать относительно

максимального значения в выборке (W_{Rmax}), а также исходить из того, что большинство исследователей ОТН склонны выбирать нормальный закон распределения (9, 10), тогда исходную выборку значений можно показать на графике (рис. 1) и вычислить для нее наиболее вероятный интервал изменения значений (табл.1).

Таблица 1.

Характеристика распределения значений производительности

№ п.п.	Границы интервалов		Количество значений W_R (нормальное распределение)	Количество значений W_R (кривая накопленных вероятностей)
	min	max		
1	10,0	14,3	8	100
2	14,3	28,6	12	92
3	28,6	42,9	18	80
4	42,9	57,1	24	62
5	57,1	71,4	18	38
6	71,4	85,7	12	20
7	85,7	100,0	8	8

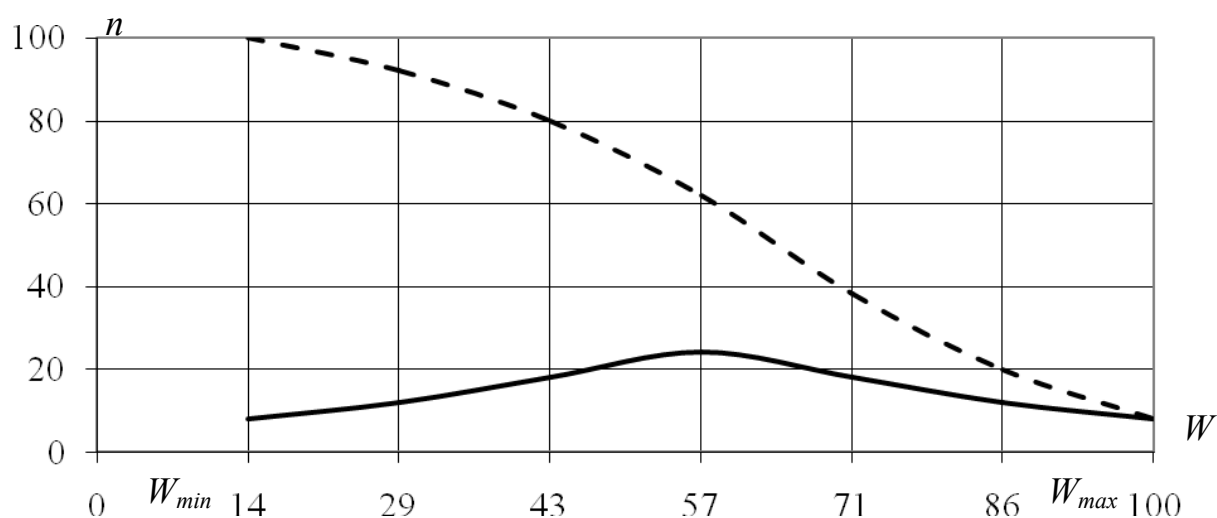


Рис. 1. – График распределения вероятностей (сплошная линия) и кривая накопленных вероятностей (пунктирная линия)

Если строго следовать правилам теории вероятностей, тогда наиболее вероятное значение производительности труда лежит в интервале $42,9 < W_R < 57,1$ (процентов от максимального значения W_{Rmax} , строка 4, табл. 1, максимальное значение кривой распределения – сплошная линия, рис. 1). Практическое применение такой последовательности вычисления производительности труда на практике не обеспечивает требуемого уровня достоверности при определении значений продолжительности производства работ. Здесь продолжительность выполнения работ – частное от деления объема (постоянная величина) на величину производительности труда (вероятностная величина).

Значительно большая достоверность расчетных значений продолжительности производства строительно-монтажных работ, выполняемых вручную, достигается при использовании кривой накопленных вероятностей для определения величины производительности труда, соответствующей заданному уровню вероятности (наиболее часто заданное значение вероятности принимают равной 0,8 (9)). В рассматриваемом примере величина производительности труда, принимая для вычисления продолжительности производства работ находится в интервале $28,6 < W_R < 42,9$ (процентов от максимального значения W_{Rmax} , строка 3, табл. 1, пересечение линии $n = 08$ и кривой накопленных вероятностей – пунктирная линия, рис. 1).

С точки зрения автора, применение кривой накопленных вероятностей для определения производительности труда, соответствующей заданному уровню надежности (вероятности) обеспечивает более высокую достоверность вычисления проектных (расчетных) значений продолжительности производства строительно-монтажных работ, выполняемых вручную.

Литература

1. Гусаков А.А. Организационно-технологическая надежность строительного производства. М.: Стройиздат, 1974. 252 с.
 2. Костюченко В.В. Организационно-технологические системы в монолитном домостроении // Инженерный вестник Дона, 2013, №4 URL: ivdon.ru/uploads/article/pdf/IVD_202_Kostuchenko.pdf_8aa0bd7bfe.pdf.
 3. Пермяков В.Н., Новоселов О.А., Макарова А.Н. Моделирование закономерностей распределения наработок на отказ бульдозеров при строительстве оснований для нефтегазовых объектов // Инженерный вестник Дона, 2014, №2 URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2014/2435
 4. Кабанов В.Н., Михайлова Е.В. Определение организационно-технологической надежности строительной организации // Экономика строительства, 2012, № 4, С. 67 – 79.
 5. Lapidus A.A., Makarov A.N. Fuzzy sets on planning of experiment for organization and management of construction processes. 5th International Scientific Conference Integration, Partnership and Innovation in Construction Science and Education, IPICSE 2016. Pp 05003, doi: [10.1051/matecconf/20168605003](https://doi.org/10.1051/matecconf/20168605003)
 6. Oleinik P., Kuzmina T., Victor Z. Intensification of the investment process of construction. MATEC Web of Conferences. Pp 05019 doi: [10.1051/matecconf/20168605019](https://doi.org/10.1051/matecconf/20168605019)
 7. Volkov A., Chulkov V., Kazaryan R. Innovative representation normative support in high-rise construction // Procedia Engineering. 2014, V. 91, Pp. 368-372, doi: [10.1016/j.proeng.2014.12.077](https://doi.org/10.1016/j.proeng.2014.12.077)
 8. Орлов Ю.Н. Оптимальное разбиение гистограммы для оценивания выборочной плотности функции распределения нестационарного временного ряда. М.: Препринты ИПМ им. М.В.Келдыша. 2013. № 14. 26 с.
 9. Молодецкий В.Р., Мартыш А.А. Вероятностные параметры выполнения отдельной строительно-монтажной работы // Вісник
-



придніпровської державної академії будівництва та архітектури. 2013, № 3, С. 8 – 14.

10. Kabanov V.N. Organizational and technological reliability of the construction process // Magazine of Civil Engineering. 2018, № 1, Pp. 59–67, doi: 10.18720/MCE.77.6.

References

1. Gusakov A. A. Organizacionno-tehnologicheskaja nadezhnost' stroitel'nogo proizvodstva [Organizational and technological reliability of construction production]. Moskva: Strojizdat, 1974. 252 p.

2. Kostjuchenko V.V. Inženernyj vestnik Dona (Rus) 2013, № 4. URL: ivdon.ru/uploads/article/pdf/IVD_202_Kostuchenko.pdf_8aa0bd7bfe.pdf.

3. Permjakov V.N., Novoselov O.A., Makarova A.N. Inženernyj vestnik Dona (Rus), 2014, № 2. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2014/2435

4. Kabanov V.N., Mihajlova E.V. Jekonomika stroitel'stva, 2012, № 4, Pp. 67 – 79.

5. Lapidus A.A., Makarov A.N. Fuzzy sets on planning of experiment for organization and management of construction processes. 5th International Scientific Conference Integration, Partnership and Innovation in Construction Science and Education, IPICSE 2016. Pp 05003, doi: 10.1051/matecconf/20168605003

6. Oleinik P., Kuzmina T., Victor Z. Intensification of the investment process of construction. MATEC Web of Conferences. Pp 05019 doi: 10.1051/matecconf/20168605019

7. Volkov A., Chulkov V., Kazaryan R Procedia Engineering. 2014, V. 91, Pp. 368-372, doi: 10.1016/j.proeng.2014.12.077

8. Orlov Ju.N. Optimal'noe razbienie gistogrammy dlja ocenivaniya vyborochnoj plotnosti funkicii raspredelenija nestacionarnogo vremennogo rjada [Optimal binning of the histogram for the evaluation of sampling density



distribution function of non-stationary time series]. Moskva: Preprinty IPM im. M. V. Keldysha, 2013. № 14, 26 p.

9. Molodeckij V.R., Martysh A.A. Visnik pridniprovs'koi derzhavnoi akademii budivnictva ta arhitekturi. 2013, № 3, Pp. 8 – 14.

10. Kabanov V.N. Magazine of Civil Engineering. 2018, № 1, Pp. 59–67, doi: 10.18720/MCE.77.6.