

УДК 300.399.33

## ЭНТРОПИЯ СМЕТНО-НОРМАТИВНОЙ БАЗЫ

© 2015 г. О. Н. Калинина

ООО «Проектно-строительная компания «Центр инженерных технологий»,  
г. Ростов-на-Дону

*Раскрыта проблема сметных нормативов. Отмечено, что сметные нормы не отображают реальные затраты при определении стоимости объектов.*

*Ключевые слова: энтропия; случайная величина; информация; вероятность; сметные нормы; бинарная величина; затраты труда; прямые затраты.*

*Author reviews the problem of estimate standards. It is noted that the norm of the estimated ratios do not reflect the real costs that determine the value of objects.*

*Key words: entropy; random variable; information; probability; the estimated ratios binary value; labor costs; direct costs.*

Неопределенность есть ничто иное, как недостача информации, или отрицательная информация, в свою очередь, информация, поступающая в объект, несет за собой убыль неопределенности [1]. В теории информации меру, выражающую степень неопределенности (неясности) состояния какого-либо объекта, принято считать энтропией. Энтропию  $H(x)$  определяют по формуле, совпадающей с формулой Шеннона для информации [2]:

$$H(x) = -\sum \log_2 p(x) \cdot P(x), \quad (1)$$

где  $x$  — дискретная случайная величина принимающая от двух до  $n$  значений, каждое из которых выполняется с определенной долей вероятности;  $P(x)$  — вероятность, с которой величина принимает свое значение, определяется интуитивным путем.

Величина  $H(x)$  не зависит от величины и от количества значений  $x$ , а зависит от вероятности  $P(x)$  и всегда  $\geq 0$ . Вероятность  $P(x)$  принимает значения  $0 \leq P(x) \leq 1$ .

Энтропия кодирует меру неуверенности (неопределенности), которую можно преодолеть, задавая бинарные вопросы, допускающие только ответы «да» или «нет». Ответы на бинарные вопросы содержат одну единицу или один бит информации.

На рис. 1 показан вид энтропии  $H(x)$  для случайной величины  $x$ , которая принимает два

значения. Степень «неизвестности» максимальна, когда вероятность «удачи» или «неудачи» равна  $1/2$ , в данном случае энтропия  $H(x) = 1$ . Когда вероятность  $P(x)$  равна 0 или 1, то у нас нет случайной величины: это значит, что нет «неизвестности» и энтропия  $H(x) = 0$ . Из вышесказанного следует, что энтропия возрастает, когда вероятность  $P(x)$  принимает значения от 0 до  $1/2$  и убывает при значениях вероятности от  $1/2$  до 1.

Случайная величина  $x$  может принимать несколько значений с любой вероятностью, величина  $x$  считает количество неудач до первой удачи в серии независимых испытаний. В работе [3] доказано, что для бинарной случайной величины с вероятностью  $P = 1/2$  энтропия приблизительно равна 2 битам. Следовательно, нам известно, сколько в среднем необходимо произвести испытаний до первой удачи, т. е. среднее количество вопросов, которые нам необходимо задать в нашем случае, равно как минимум 2 и энтропия равна приблизительно 2 бит.

Согласно МДС 81-35.2004 [4], прямые затраты в составе сметной стоимости строительства определяются на основе сметных нормативов (расценок), которые разрабатываются на основе принципа усреднения с минимизацией расхода всех необходимых ре-

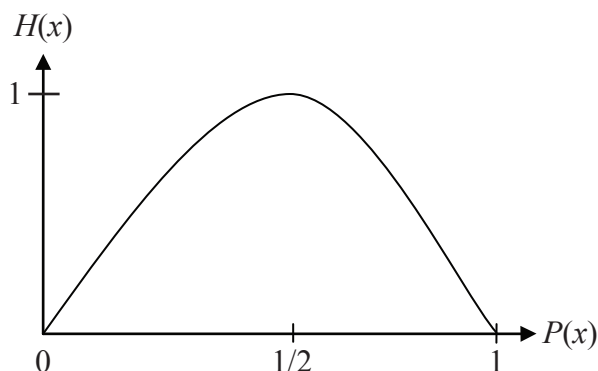


Рис. 1. Энтропия случайной величины

сурсов и содержат следующие нормативные показатели:

- затраты труда рабочих (строителей, монтажников), в чел.-ч;
- средний разряд работы (звена рабочих);
- затраты труда машинистов, в чел.-ч;
- состав и продолжительность эксплуатации строительных машин, механизмов, приспособлений, механизированного инструмента в маш.-ч;
- перечень материалов, изделий, конструкций, используемых в процессе производства работ, и их расход в физических (натуральных) единицах измерения.

Количество труда определяется нормами его затрат, а качество — тарифной системой и ее разновидностями, позволяющий дифференцировать труд по уровню его квалификации [5].

Нормы затрат труда рабочих и времени работы строительных машин, содержащиеся в сборниках Государственных элементных сметных норм и производственных норм, определяются на основании сборников «Единых норм и расценок», а также «Ведомственных норм и расценок» (далее ЕНиР, ВНиР соответственно), которые должны обновляться и дополняться в связи с применением новых средств механизации, технологии производства работ, материалов и конструкций [5]. Срок действия утвержденных Единых норм и расценок составляет пять лет, в течение которого они подлежат обязательной проверке и при необходимости замене на новые, а по мере совершенствования техники, технологии, организации производства и труда в них вно-

сятся соответствующие дополнения и изменения [6].

К сожалению отмечено, что тарифные ставки в сметных нормативах искусственно занижены и не соответствуют реальному уровню оплаты труда в строительстве, т. к. сказывается искажающее влияние статистической отчетности строительных организаций, занижающих данные о выплачиваемой заработной плате [7]. Кроме того, согласно анализу Счетной палаты РФ №4 (208) 2015 г. [8] установлено, что Минстроем России плановая работа по актуализации федеральной сметно-нормативной базы по ряду причин не проводится. Анализ нормативных документов выявил пробелы в нормативных актах, вследствие чего, большинство включенных в федеральный реестр нормативов не содержат информацию, объективно отображающую затраты при определении сметной стоимости объектов капитального строительства, финансируемых с привлечением средств федерального бюджета, нормы затрат труда рабочих и времени работы строительных машин не обладают достоверностью. Этот факт подтверждается экспертно-аналитическим докладом МОО «Союза инженеров-сметчиков» [9]. По итогам проводимого анализа установлено необоснованное снижение в одних расценках, а в других завышение затрат труда. Следовательно, мы можем утверждать о том, что количество установленных норм времени рабочих и машинистов, а также тарифные ставки и стоимость эксплуатации строительных машин в сборниках сметных нормативов не соответствуют реальности, что вызывает некоторую неопределенность. Рассмотрим состав прямых затрат более подробно — в качестве исходных данных для определения прямых затрат в локальных сметных расчетах (сметах) выделяются следующие ресурсные показатели:

$$ПЗ = Z_c + Э_m + M, \quad (2)$$

где  $Z_c$  — затраты на оплату труда рабочих (кроме затрат труда, учитываемых в стоимости эксплуатации строительных машин);  $Э_m$  — стоимость эксплуатации строительных машин, в том числе оплату труда рабочих, обслуживающих машины;  $M$  — стоимость материалов, изделий и конструкций.

Затраты труда рабочих состоят из норм

времени на выполнение данного вида работ, среднего разряда рабочих и, соответственно, установленной для данного разряда оплаты труда в соответствии с тарифной ставкой. Предположим, что нормы времени являются случайной бинарной величиной, которая соответствует действительности с вероятностью равной  $1/2$ . Так как нами ранее установлено, что для бинарной случайной величины с вероятностью  $P = 1/2$  энтропия равна около 2 бит, то мы можем предположить, что энтропия для норм времени содержит 2 бита информации. Оплата труда рабочих также является случайной бинарной величиной, вероятность ее достоверности также максимальна и равна  $P = 1/2$ , а энтропия также равна приблизительно 2 битам информации. Следовательно, при условии соответствия определенному разряду рабочих энтропия ресурса «затраты на оплату труда рабочих (кроме затрат труда, учитываемых в стоимости эксплуатации строительных машин)» содержит приблизительно 4 бита информации для одной нормы.

Затраты на эксплуатацию строительных машин определяются исходя из данных о времени использования (нормативная потребность) необходимых машин (маш.-ч) и стоимости 1 маш.-ч эксплуатации машин строительных машин  $C_{\text{маш}}$  (руб.), которая определяется по следующей формуле:

$$C_{\text{маш}} = A + B + Z + \mathcal{E} + C + \Gamma + P + \Pi, \quad (3)$$

где  $A$  — размер постоянных эксплуатационных затрат, нормативные амортизационные отчисления на полное восстановление машин, руб./маш.-ч;  $B$  — размер оплаты труда рабочих, управляющих строительными машинами, руб./маш.-ч;  $Z$  — размер затрат на замену быстроизнашивающихся частей, руб./маш.-ч;  $\mathcal{E}$  — размер затрат энергоносителей, руб./маш.-ч;  $C$  — размер затрат смазочных материалов, руб./маш.-ч;  $\Gamma$  — размер затрат гидравлической жидкости, руб./маш.-ч;  $P$  — размер затрат на все виды ремонтов машин, их техническое обслуживание и диагностирование, руб./маш.-ч;  $\Pi$  — размер затрат на перебазирование машин с одной стройплощадки (базы механизации) на другую строительную площадку, руб./маш.-ч.

Энтропия нормы времени используемых машин равна приблизительно 2 битам инфор-

мации. Для стоимости 1 маш.-ч эксплуатации машин строительных машин  $C_{\text{маш}}$  определим энтропию  $H(x)$  по формуле (1):

$$\begin{aligned} H(x) = & -[1/2\log_2 1/2 + 1/2\log_2 1/2 + \\ & + 1/4\log_2 1/4 + 3/4\log_2 3/4 + 3/4\log_2 3/4 + \\ & + 1/4\log_2 1/4 + 1/2\log_2 1/2 + 1/2\log_2 1/2]; \\ H(x) \approx & 3,62 \text{ бит.} \end{aligned}$$

Энтропия всего ресурсного показателя  $\mathcal{E}_m$  — стоимость эксплуатации строительных машин, в том числе оплата труда рабочих, обслуживающих машины равна  $\approx 5,62$  бит.

Ресурсный показатель прямых затрат  $M$  — материалы имеет вероятность  $P(x)$  очень близкую единице, так как сборник цен на материалы, изделия и конструкции нормативной базы содержит достаточный объем информации. Кроме того, есть возможность применения стоимости по прайс-листам и коммерческим предложениям, поэтому мы, в этом случае, можем утверждать, что у нас нет случайной величины и энтропия  $H(x) = 0$ .

Итак, мы определили энтропию прямых затрат в формуле (2) для ресурсов  $Z_c$  и  $\mathcal{E}_m$ , которая в сумме составляет 9,62 бит. Далее нам необходимо определить какую долю в этой сумме составляет совместная энтропия  $H(x, y)$  и взаимная информация  $I(x, y)$  между двумя случайными величинами  $X$  и  $Y$ , которая показывает, какое количество информации содержится в одной случайной величине относительно другой. Предположим, что  $X$  — это случайная величина для ресурса « $Z_c$  — затраты на оплату труда рабочих», а  $Y$  — случайная величина для ресурса « $\mathcal{E}_m$  — стоимость эксплуатации строительных машин».

Составим матрицу совместной вероятности между двух случайных величин  $X$  и  $Y$  (рис. 2), где  $X$  принимает значения 1 и 2, а  $Y$ , соответственно, а и в, согласно табл. 1. Значения  $P_x$  и  $P_y$  — это маргинальные вероятности случайных величин.

Вычисляем энтропию случайных величин  $H(x)$  и  $H(y)$  по формуле (1), вероятностями которых являются значения  $P_x$  и  $P_y$  соответственно:

$$\begin{aligned} H(x) &= -(1/2\log_2 1/2 + 1/4\log_2 1/4) = 1; \\ H(y) &= -(1/2\log_2 1/2 + 1/3\log_2 1/3) = 1,03. \end{aligned}$$

Условная энтропия  $X$  при условии  $Y$ ,  $H(x/y)$  равна:

$$\begin{aligned} H(x/y) &= \sum P_y(y) \cdot H(x/y_{\rightarrow y}) = \\ &= 1/2H(x/y_{\rightarrow a}) + 1/4H(x/y_{\rightarrow b}). \end{aligned} \quad (4)$$

Таблица 1

## Обозначения и соответствующие величины

обозначение	$X - Z_c$ затраты на оплату труда рабочих (кроме затрат труда, учитываемых в стоимости эксплуатации строительных машин)	обозначение	$Y - \mathcal{E}_m$ стоимость эксплуатации строительных машин, в том числе оплата труда рабочих, обслуживающих машины
1	норма времени	$a$	время эксплуатации
2	тарифная ставка	$b$	стоимости 1 маш.-ч эксплуатации машин

$x \backslash y$	1	2	$P_x$
$a$	1/44	1/64	1/2
$b$	1/46	1/86	1/4
$P_y$	1/2	1/3	

Рис. 2. Матрица совместной вероятности между двух случайных величин  $X$  и  $Y$ 

При этом:

$$H(x/y_{=a}) = -\sum P(x/y_{=a}) \cdot \log_2 H(x/y_{=a}). \quad (5)$$

Тогда получаем:

$$= -[1/22 \log_2 1/22 + 1/32 \log_2 1/32] = 0,35;$$

$$= -1/12 \log_2 1/12 + 1/22 \log_2 1/22] = 0,51.$$

Подставляем полученные значения в формулу (4) и определяем долю энтропии, которую имеет величина  $X$  при условии  $Y$ ,  $H(x/y) = 0,86$ .

Аналогичным образом находим условную энтропию  $Y$  при условии  $X$ ,  $H(y/x)$ :

$$H(y/x) = \sum P_y(y) \cdot H(y/x_{=x}) = 1/2 H(y/x_{=1}) + 1/3 H(y/x_{=2}). \quad (6)$$

$$1/2 H(y/x_{=1}) = -[1/22 \log_2 1/22 + 1/32 \log_2 1/32] = 0,20 + 0,15 = 0,35;$$

$$1/3 H(y/x_{=2}) = -[1/22 \log_2 1/22 + 1/29 \log_2 1/29] = 0,2 + 0,15 = 0,35.$$

Получаем  $H(y/x) = 0,70$ .

Далее, вычисляем совместную энтропию по формуле (7):

$$H(x, y) = H(x) + H(y/x). \quad (7)$$

Получаем  $H(x, y) = 1,7$ .

Взаимную информацию вычисляем по формуле (8):

$$I(x, y) = H(x) + H(y) - H(x, y) = H(x) - H(y/x). \quad (8)$$

Получаем  $I(x, y) = 0,3$ .

Таким образом мы получаем, что энтропия  $X$  при условии  $Y$ ,  $H(x/y)$  равна 4 бит  $\cdot 0,86 = 3,44$  бит, а энтропия  $Y$  при условии  $X$ ,  $H(y/x)$  равна  $-5,62 \cdot 0,7 = 3,93$  бит, совместная энтропия  $H(x, y)$  равна 7,37 бит, а взаимная информация равна 2,25 бит.

Из проведенного анализа мы определили, что в одном нормативе (расценке) сметно-нормативной базы имеется энтропия (неопределенность), которая равна минимум 7,37 бит информации.

## Литература

1. Реньи А. Трилогия о математике. — М.: МИР, 1980.
2. Вальтух К. К. Информационная теория стоимости и законы неравновесной экономики. — М.: Янус-К, 2001.
3. Клейнер И. Теория информации. Курс лекций. [Электронный ресурс] / YouTube: Канал И. Клейнера. — Режим доступа: <https://www.youtube.com/watch?v=R0530QVKrVo&index=3&list=PLUfHxBkkFMSeSnQTvwVTrUhsuocO0Ap5P>, свободный.
4. МДС 81-35.2004. Методика определения стоимости строительной продукции на территории РФ. Методическая документация. — М.: Госстрой России, 1999.

5. МДС 81-1.99. Методические рекомендации по определению размера средств на оплату труда в договорных ценах и сметах на строительство и оплате труда рабочих. Методическая документация. — М.: Госстрой России, 1999.

6. Единые нормы и расценки на строительные, монтажные и ремонтно-строительные работы. Общие положения. ЕНиР Госстрой СССР, 1986.

7. Ардинов В. Д., Барановская Н. И., Курочкин А. И. Сметное дело в строительстве. — М.: Питер, 2009.

8. Анализ деятельности Главного управления государственной экспертизы, Федерального центра ценообразования в строительстве и промышленности строительных материалов. // Бюллетень Счетной палаты РФ. — 2015. — №4 (208). [Электронный ресурс] / Счетная палата РФ. — Режим доступа: <http://www.audit.gov.ru>, свободный.

9. Горячкин П. В., Айрапетян Н. Э. Анализ сметно-нормативной базы ценообразования в строительстве Минстроя России в новой редакции 2014 года. Экспертно-аналитический доклад. — М., 2014.

Поступила в редакцию

15 июня 2015 г.



**Ольга Николаевна Калинина** — инженер-сметчик ООО «Проектно-строительная компания «Центр инженерных технологий» (ООО «ПСК ЦИТ»). Соискатель кафедры «Производственный и инновационный менеджмент» ЮРГПУ (НПИ).

**Olga Nikolaevna Kalinina** — quantity surveyor at the «Design and Construction Company «Center for the Engineering Technologies» SLL. Competitor for the Candidate's degree at the SR-SPU (NPI) «Production Management and Management of the Innovations» department.

344041, г. Ростов-на-Дону, ул. Филимоновская, 252  
252 Filimonovskaya st., 344041, Rostov-on Don, Russia  
Тел.: +7 906 419 08 57; e-mail: [Olga\\_Kalinina579@mail.ru](mailto:Olga_Kalinina579@mail.ru)