

**А. В. ШАХОВ**, д-р техн. наук, профессор, ОНМУ, Одесса;  
**М. О. БОКАРЕВА**, аспирантка, ОНМУ, Одесса

## **ЭНТРОПИЙНЫЙ МЕТОД ВЫБОРА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА РЕАЛИЗАЦИИ ПРОЕКТА**

Предлагается энтропийный метод выбора технологического процесса, обеспечивающего с наибольшей вероятностью достижение плановых показателей продукта проекта по срокам, стоимости и качеству. Применение энтропии позволяет качественнее учитывать хаотичность, сложность, неопределенность, конфликтность, альтернативность, неполноту информации и обусловленный ими экономический и управленческий риск.

**Ключевые слова:** энтропия, сетевая модель, метод стратификации.

**Введение.** Проектно-ориентированное управление предполагает рассмотрение деятельности организации как реализацию портфеля проектов, направленного на достижение ее стратегических целей [1]. В процессе планирования отдельных проектов зачастую возникает ситуация, когда продукт проекта может быть получен в результате выполнения множества альтернативных технологических процессов. Выбор «лучшего» варианта осуществляется менеджером на основании технологических возможностей организации и собственного опыта. Научно-обоснованные методы оптимизации технологических процессов в рамках проекта, к сожалению, отсутствуют.

**Анализ основных достижений и литературы.** Все проекты выполняются в условиях ограничений – стоимость, сроки и качество. Эти три важных фактора, обычно представляются в виде треугольника. Каждое ограничение образует вершины с характеристикой, добавляемой в качестве центральной темы:

- проекты должны быть реализованы в рамках бюджета;
- проекты должны быть выполнены в срок;
- проекты должны удовлетворять требованиям клиента к качеству [2].

Руководителю проекта необходимо создавать оптимальный баланс и знать обо всех изменениях, влияющих на стоимость, сроки и качество. При этом между этими параметрами существует корреляционная зависимость, и попытки изменить один из параметров автоматически приведут к изменению двух других. Особая сложность решения данной задачи определяется ее многомерностью (большое количество факторов влияет на результат) и

значительной неопределенностью всех этих факторов, что не позволяет определить их значение на стадии планирования проекта.

Для решения данной задачи в последние годы все чаще используются энтропийные методы исследований. В работе [3] показано, что применение энтропии позволяет качественнее учитывать хаотичность, сложность, случайность, противоречивость, неопределенность, конфликтность, многокритериальность, альтернативность, неполноту информации и обусловленный ими экономический и управленческий риск. Использованию энтропии в экономических расчетах посвящены работы И.В.Прангишвили [4] и Дж. Тсатсарониса [5].

**Целью статьи** является разработка энтропийного метода выбора технологического процесса, обеспечивающего с наибольшей вероятностью достижение плановых показателей продукта проекта по срокам, стоимости и качеству.

**Изложение основного материала.** К.Шеннон в работе [6] создал первую математическую теорию энтропии как меры случайности и ввел меру дискретного распределения вероятности на множестве альтернативных состояний передатчика и приемника информации. Шеннон вывел формулу, ставшую основой количественной теории информации:

$$H(p) = -\sum_{i=1}^N [p_i \cdot \log_2 p_i], \quad (1)$$

где  $H(p)$  – информационная двоичная энтропия;

$n$  – количество возможных исходов;

$p_i$  – вероятность  $i$ -го исхода,  $i = 1, \dots, n$ .

Суммарная энтропия технологического процесса может быть определена как сумма энтропий, рассчитанных для времени, стоимости и качества по отдельности:

$$H_{\Sigma} = H_T + H_C + H_K, \quad (2)$$

где  $H_T$  – энтропия соблюдения плановых сроков реализации проекта;

$H_C$  – энтропия соблюдения запланированных затрат на технологический процесс;

$H_K$  – энтропия получения продукта проекта достаточного качества.

Рассмотрим подробнее методы определения слагаемых, составляющих энтропию производственного процесса. Очевидно, что для расчета энтропии следует определить вероятности благоприятного результата по срокам, стоимости и качеству в отдельности.

Вероятности соблюдения плановых сроков реализации технологического процесса можно определять по аналогии с вероятностным

анализом PERT-метода сетевых моделей [7]. Для этого для каждой операции технологического процесса назначаются три оценки ее длительности: оптимистическая ( $T_0$ ), наиболее вероятная ( $T_B$ ) и пессимистическая ( $T_{II}$ ). PERT оценка продолжительности операции ( $T$ ) и ее дисперсия ( $D$ ) определяются по формулам:

$$T = \frac{T_0 + 4 \cdot T_B + T_{II}}{6}; \quad (3)$$

$$D = \left( \frac{T_{II} - T_0}{6} \right)^2. \quad (4)$$

В дальнейшем рассчитываются стандартные параметры сетевой модели: ранние и поздние сроки начала и окончания работ, продолжительность критического пути, резерв времени ( $R$ ). Для проведения вероятностного анализа выбираем из технологического процесса не только работы критического пути, но и те операции, для которых выполняется соотношение:

$$T_{II} - T \geq R. \quad (5)$$

Для того чтобы найти вероятность завершения проекта к плановому моменту времени, требуется изменить масштаб нормального распределения длительности выполнения проекта таким образом, чтобы привести его к стандартному нормальному распределению. Искомая вероятность ( $P_T$ ) может быть получена из стандартного нормального распределения по табличным данным [8] на основании следующего соотношения:

$$\Phi = \frac{|T'' - T'|}{\sum_{k=1}^K \sqrt{D_k}}, \quad (6)$$

где  $k$  – количество операций технологического процесса, удовлетворяющих соотношению (1).

Вероятность реализации технологического процесса в рамках запланированного бюджета ( $P_C$ ) определяется аналогично. При этом величина оптимистических и пессимистических затрат выясняется путем опроса экспертов.

В основу расчета вероятности получения продукта проекта требуемого качества положен метод стратификации – разделения полученных данных на отдельные группы (слои, страты) в зависимости от выбранного стратифицирующего фактора [9].

В качестве стратифицирующего фактора могут быть выбраны любые параметры. Специалисты по управлению качеством продукции очень часто при стратификации (расслаивании) статистических данных используют мнемонический прием 4М, позволяющий легко выявить типовые причины (факторы), по которым может быть произведена группировка статистических данных. К таким факторам относятся:

- *manpower* (персонал) – расслаивание по исполнителям (по их квалификации, стажу работы, полу и т.п.);
- *machine* (оборудование) – стратификация по машинам, станкам, оборудованию (по новому и старому оборудованию, по марке, по конструкции, по выпускающей фирме и т.п.);
- *material* (материал) – группировка по виду материала, сырья, комплектующих;
- *method* (технология) – расслаивание по способу производства (по температурному режиму, по технологическому приему, по номеру цеха, бригады, участка, по смене, по рабочим и т.п.).

Для количественной оценки вероятности получения результата проекта требуемого качества можно воспользоваться построением причинно-следственной диаграммы Исикавы (см. рис. 1).



Рис. 1 – Причинно-следственная диаграмма оценки качества технологического процесса

Вероятность каждого из факторов, определяющих качество технологического процесса, может быть определена на основе статистического анализа результатов деятельности организации либо методом экспертных оценок. Интегральная величина качества технологического процесса составит произведение вероятностей получения запланированного результата по отдельным  $J$  факторам диаграммы:

$$P_K = \prod_{j=1}^J P_j. \quad (7)$$

Интегральная энтропия технологического процесса, а следовательно, и целевая функция оптимизации при выборе технологического процесса реализации проекта составит:

$$H_{\Sigma} = -(P_T \cdot \ln P_T + P_C \cdot \ln P_C + P_K \cdot \ln P_K) \longrightarrow \min . \quad (8)$$

Другими словами, из реализуемого в условиях данной организации множества технологических процессов предпочтение следует отдавать тому, для которого значение интегральной энтропии, определенное по формуле (2) будет минимальным.

**Вывод.** В статье предложен энтропийный метод выбора технологического процесса реализации проекта, учитывающий неопределенности достижения плановых показателей проекта по параметрам сроков, затрат и качества. Данный метод эффективно использовать в организациях, реализующих в своей деятельности альтернативные технологические процессы (например, судоремонтные заводы).

**Список литературы.** 1. Швиндина А.А. Особенности управления проектно-ориентированными организациями // Журнал «Управление проектами и развитие производства», 2011, № 3. С. 10–17. 2. Лапыгин Ю. Н. Управление проектами: от планирования до оценки эффективности. – Москва, 2008. – С. 252. 3. Королев О.Л., Кусый М.Ю., Сигал А.В. Применение энтропии при моделировании процессов принятия решений в экономике : монография. – Симферополь : Издательство «ОДЖАКЪ», 2013. – 148 с. 4. Прангшвили И.В. Энтропийные и другие системные закономерности: Вопросы управления сложными системами. М. : Наука, 2003. – 358 с. 5. Тсатсаронис Дж. Взаимодействие термодинамики и экономики для минимизации стоимости энергопреобразующей системы : монография. – Одесса, Негоциант, 2002. – 163 с. 6. Шеннон К. Работы по теории информации и кибернетике : пер. с англ. – М., Наука, 1987. – 286 с. 7. Масловский В.П. Управление проектами. Конспект лекций. – Красноярск : ИПК СФУ, 2008. – 179 с. 8. Таблицы распределений. – Режим доступа : <http://www.statsoft.ru/home/textbook/modules/sttable.html>. – Дата обращения 15 октября 2014. 9. Пономарев С.В. Управление качеством процессов и продукции. Издательство ФГБОУ ВПО «ТГТУ», Таганрог, 2012. – 212 с.

**Bibliography (transliterated):** 1. Shvindina, A.A. *Osobennosti upravleniya proektno-orientirovannymi organizatsiyami* // Zhurnal «Upravlenie proektami i razvitie proizvodstva», 2011, No 3. 10–17 Print. 2. Lapygin Yu. N. *Upravlenie proektami: ot planirovaniya do ocenki effektivnosti*. Omega-L «Moskva», 2008. Print 3. Korolev, O. L., M. Yu. Kussyi and A. V. Sigal *Primenenie entropii pri modelirovanii processov prinyatiya reshenii v ekonomike: monografiya*. Simferopol': Izdatel'stvo «ODZhAK», 2013. Print. 4. Prangishvili, I.V. *Entropiynye i drugie sistemnye zakonornosti: Voprosy upravleniya slozhnymi sistemami*. Moscow: Nauka, 2003. Print 5. Tsatsaronis, Dzh. *Vzaimodeistvie termodynamiki i ekonomiki dlya minimizatsii stoimosti energopreobrazuyushei sistemy: monografiya*. Odessa, Negociant, 2002. Print. 6. Shennon, K. *Raboty po teorii informacii i kibernetike*: per. s angl. Moskva, Nauka, 1987. Print 7. Maslovskii, V.P. *Upravlenie proektami. Konspekt lektsii*. Krasnoyarsk: IPK SFU, 2008. Print 8. Tablicy raspredelenii. Web. 15 October 2014 <<http://www.statsoft.ru/home/textbook/modules/sttable.html>> Web 9. Ponomarev, S.V. *Upravlenie kachestvom processov i produkcii*. Izdatel'stvo FGBOU VPO "TG TU". Taganrog, 2012. Print.

*Поступила (received) 05.12.2014*