

К. А. АМБАРИЦУМЯН

## ОЦЕНКА НАДЕЖНОСТИ И ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЦЕССА СОЗДАНИЯ И ОСВОЕНИЯ НОВОЙ ТЕХНИКИ

Քննարկված է սուր տեխնիկայի ստեղծման և յուրացման գործընթացի հաստատություն և արդյունավետության գնահատման սկզբունքներն նոր մոտեցում: Այս գործընթացի յուրացումը փոյ գլխարկվում է որպես էրգոտեխնիկական համակարգ և ներկայացվում է կողմնորոշված գրաֆի տեսքով, որը նկարագրում է համակարգի գործունեությունն ըստ ժամանակի: Տրիտ էն գրաֆի պարամետրերը, կառարվում է նախկինակ կառուցվածքների գործունեության ձևախաչում յուրացումը փոյի համար առանկի և բերվում էն մաթեմատիկական առնչություններ, որոնք թույլ են տալիս որոշելու սուր տեխնիկայի ստեղծման և ներդրման, գործընթացի հաստատություն և արդյունավետության բնականական բնարագրերը:

Рассмотрен принципиально новый подход к оценке надежности и эффективности процесса создания и освоения новой техники. Каждый из этапов этого процесса рассматривается как эрготехническая система и представляется в виде ориентированного графа, описывающего деятельность системы во времени. Даются параметры графа и производится формализация функциональных структур деятельности каждого этапа в отдельности. Приводятся математические зависимости, позволяющие определить количественные характеристики надежности и эффективности процесса создания и освоения новой техники.

Սև. 3. Գնորոշը... 1 նաչ

Basically a new method for evaluation of reliability and effectiveness of process for developing and mastering new technology has been viewed. Every stage of this process is considered as an ergotechnological system and presented in the form of oriented graph describing system activity in time. Graph parameters are given and formalization of function structures for each stage activity separately is carried out. Mathematical dependences permitting to define quantitative characteristics on reliability and efficiency of the process for developing and mastering new technology are conducted.

Սև. 3. Ref. 1

В последние годы в теории управления проводятся интенсивный процесс формирования новых принципов и подходов к решению проблемы оценки параметров и оптимизации процессов создания новой техники (СОИТ). Одним из эффективных является подход, при котором процесс СОИТ рассматривается с позиций эрготехнических систем. На основе методов функционально-структурной теории [1] описывается и оценивается надежность и эффективность их функционирования. В качестве основных показателей надежности и эффективности как для всего процесса СОИТ, так и для его этапов принимаем: время, затраченное на разработку и освоение производства новой техники (длительность процесса "исследование-производство"), вероятность безошибочного выполнения процесса (надежность), расходы (суммарные затраты) за время создания и освоения новой техники. Очевидно, показатели локальных этапов в совокупности позволяют определить надежность и эффективность функционирования процесса СОИТ.

Для оценки этих показателей произведем формализацию функциональных структур деятельности каждого этапа в отдельности. Сущность формализации заключается в том, что этап процесса СОНТ как эрготехническая система (ЭТС) представляется в виде ориентированного вероятностного графа, описывающего деятельность системы во времени. При этом вершины графа показывают состояние, в которое попадает система при выполнении работы, а дуги задаются вероятностными, временными и стоимостными показателями, характеризующими работу. Здесь под "работой" имеется в виду процесс деятельности эрготехнического элемента, переводящего ЭТС из начального в промежуточное или конечное состояние.

Для конечного состояния локальной ЭТС введем три типа исходов: безошибочное выполнение функции  $f$ , прерывание функции из-за обнаружения ошибок  $g$ , выполнение функции со скрытой ошибкой  $z$ . Граф вероятностей, описывающий процесс функционирования этапа научных исследований (ЭС-И), приведен на рис. 1. Его содержание следующее:  $0$  - начальный входной полюс;  $e_n$  - положительный выходной полюс, соответствующий окончанию научных исследований, без скрытых ошибок, на необходимом научно-техническом уровне;  $\omega = \{ \gamma_n, z_n \}$  - множество отрицательных выходных полюсов, один из которых ( $\gamma_n$ ) соответствует окончанию работ с низким научно-техническим уровнем, а другой ( $z_n$ ) - со скрытым дефектом. Здесь и далее принята следующая индексация выходных полюсов  $z_{i,j}^k$ , где  $i$  - тип скрытого дефекта;  $j$  - этап процесса СОНТ, на котором возник этот дефект;  $k$  - этап процесса СОНТ, на котором этот дефект рассматривается.

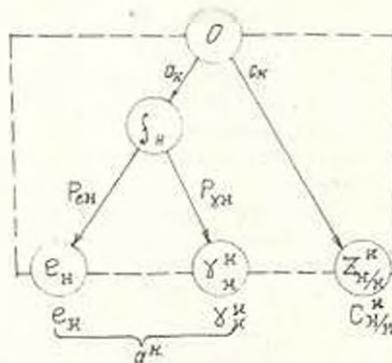


Рис. 1. Граф вероятностей этапа научных исследований

Задаваясь вероятностными, временными и стоимостными значениями соответствующих дуг графа, можно определить показатели, характеризующие деятельность этапа научных исследований. Искомые количественные характеристики переходов от вершины  $0$  к поглощающим вершинам вычисляются достаточно просто с использованием теорем о сложении и умножении вероятностей, вероятности дуг, ведущие к поглощению, перемножаются, а времена и доходы суммируются. Формулы для определения показателей качества функционирования этапа научных исследований имеют вид

$$e_n = a_n P_{en}, \quad P_{en} + P_{\gamma n} = 1; \quad e_n + \gamma_n = a_n.$$

$$\gamma_n = a_n P_{\gamma n}, \quad a_n + e_n = 1.$$

$$C_{n/n}^n = C_n, \quad T_{en} = T_{\gamma n} = T_{\gamma n} = T_n.$$

Граф вероятностей, описывающий процесс функционирования этапа разработки конструкции (ЭС-К), приведен на рис. 2. Его особенностью является то, что имеется два входных полюса. Первый соответствует безошибочным результатам НИР и позволяет в принципе обеспечить правильное функционирование, однако в этом случае, кроме положительного ( $e_n$ ), могут быть и отрицательные исходы, связанные с появлением скрытых конструкторских  $Z_{k/x}^x$  и технологических  $Z_{l/y}^y$  ошибок на этапе конструкторской разработки, а также с несоответствием разработанной конструкции заданным требованиям  $\gamma_n$ . Второй полюс соответствует случаю, когда из-за ошибок на этапе НИР в принципе невозможно получить доброкачественную конструкцию, при этом ошибки НИР могут быть выявлены ( $g_{n/n}^n$ ) или остаться незамеченными ( $Z_{n/n}^n$ ). Выходной полюс  $g_{n/n}^n$  соответствует передаче проекта на устранение дефектов в ЭС-И.

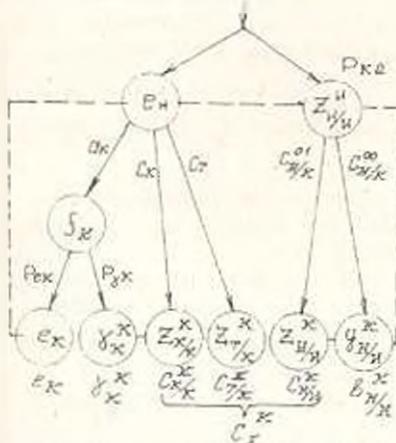


Рис. 2. Граф вероятностей этапа разработки конструкции

Формулы для определения показателей качества функционирования этапа разработки конструкции имеют вид.

$$e_n = a_n P_{ek} P_{k1}, \quad \gamma_n = a_n P_{\gamma k} P_{k1}, \quad C_{k/x}^x = C_k P_{k1}, \quad C_{l/y}^y = C_l P_{k1}.$$

$$C_{n/n}^n = C_{nk}^{01} P_{k2}, \quad P_{k1} = e_n (e_n + C_{n/n}^n)^{-1}, \quad P_{k2} = C_{n/n}^{00} (e_n + C_{n/n}^n)^{-1}.$$

В приведенных графах внешними полюсами являются события, соответствующие окончанию или прерыванию функции. При положительном результате выполнения функции продукт труда передается на следующий этап процесса, а при вынужденном прерывании процесса выполнения функции он возвращается на предыдущие этапы или остается на данном этапе для устранения выявленных дефектов. Таким образом, появляется необходимость введения фазы доработки выявленных дефектов. При этом модель  $\Delta I_k$  должна отражать как работы по корректировке дефектов, допущенных на этапе НИР, так и

вызванные этими дефектами дополнительные работы на этапе разработки конструкции новой техники.

Введем следующие обозначения:

$\alpha_{k/n}$  - вероятность того, что обнаруженные дефекты научной разработки приведут к необходимости выполнения конструкторской разработки заново в полном объеме;  $\bar{\alpha}_{k/n}$  - вероятность того, что обнаруженные дефекты приведут к необходимости только частичной доработки конструкторской документации; т.е. потребуют времени  $\Delta T_{n/k} < T_k$  и ресурсов  $\Delta U_{k/n} < U_k$  (при этом  $\alpha_{k/n} + \bar{\alpha}_{k/n} = 1$ ).

Тогда усредненное по возможным вариантам время выполнения  $\Delta I$  равно

$$\begin{aligned} T\Delta I_k &= \alpha_{k/n}(\Delta T_{n/k} + \Delta T_k) + \bar{\alpha}_{k/n}(\Delta T_{n/k} + T_k) = \\ &= \Delta T_{n/k} + \alpha_{k/n}\Delta T_k + \bar{\alpha}_{k/n}T_k, \end{aligned}$$

где  $\Delta T_{n/k}$  - время, затрачиваемое на устранение выявленного дефекта;  $\Delta T_{n/k}$  или  $T_k$  - время на устранение его последствий.

При проведении этих работ могут также допускаться ошибки, ведущие к новым дефектам:

$\Delta I_k^{(1)}$  - вероятность безошибочного устранения выявленных дефектов;  $\Delta I_k^{(2)}$  - вероятность неполного устранения выявленных ошибок или совершения новых в процессе устранения старых;  $\Delta I_k^{(3)}$  - вероятность прерывания процесса корректировки дефектов из-за обнаруженных в этом процессе ошибок, при этом  $\Delta I_k^{(1)} + \Delta I_k^{(2)} + \Delta I_k^{(3)} = 1$ .

При разработке конструкции новой техники ошибки, допущенные на этапе выполнения научно-исследовательских работ, по значимости и количеству могут оказаться настолько большими, что сильно затрудняется реализация научной идеи. Так как каждая доработка связана с дополнительными расходами средств и времени, суммарное число доработок  $n_{n/k}$  следует ограничить некоторой предельной величиной  $m$ . В случаях, когда это условие не выполняется, должен появиться новый отрицательный исход  $\Delta \gamma_k^-$  - отказ от результатов научно-исследовательских работ из-за конструктивной непримлемости.

На основе вышесказанного граф вероятностей, описывающий процесс функционирования этапа разработки конструкции новой техники, с учетом доработки ошибок  $\Delta I_k$  будет иметь вид, приведенный на рис. 3.

На этом графе заданы следующие веса дуг: вероятностные - в виде  $R_{ij}$ , временные - в виде  $U_{ij}$ ,  $T_{ij}$ , а другие веса выражаются через исходные характеристики типовой функциональной единицы (ТФЕ) ( $a_i$ ,  $c_i$  и др.). Например, вероятность перехода на графе рис. 3 из нулевой вершины в правую  $R_{01}$  определяется реализацией дуг 0-8, 8-9 и 9-1, т.е.  $R_{01} = P_{k,1}a_k P_{k,1}$ . Время перехода  $U_{01}$  определяется только дугой 8-9, так как дуги 0-8 и 9-1 имеют "нулевую длительность" (фиктивные работы или логические условия):  $U_{01} = 0 + T_{k,1} + 0 = T_{k,1}$ . Аналогично определяются характеристики всех других исходов. Например, исходные

характеристики перехода системы из нулевой вершины в вершину шесть имеют вид

$$P_{06} = P_{02} C_{0/2}^{(0)} \cdot P_{01} = \Delta I_1^{(0)} + \Delta I_1^{(0)} C_{0/2}^{(0)}, \quad T_{(0)} = 0.5 T_k,$$

$$T_{06} = P_{06}^{-1} [0.5 \Delta I_1^{(0)} T_{01} + \Delta I_1^{(0)} C_{0/2}^{(0)} (\Delta T_{0/2} + 0.5 T_k)].$$

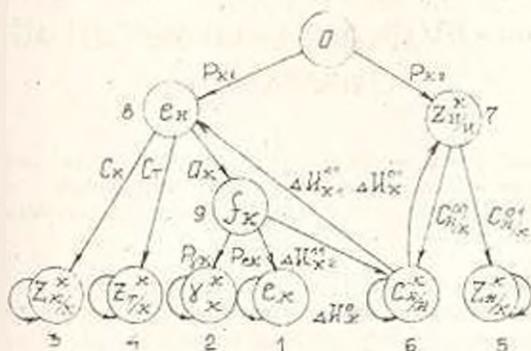


Рис. 3. Граф вероятностей этапа разработки конструкции с корректировкой ошибок

Резльтирующие характеристики вероятности и математического ожидания времени выполнения для этапа разработки конструкции имеют вид

$$\pi_{06} = P_{06} + P_{06} P_{01} (1 - P_{06}^{(0)}) / (1 - P_{06}^{(0)}),$$

$$M(T_{(0)}) = \pi_{06}^{-1} \left\{ P_{06} T_{(0)} + \left[ P_{06} P_{01} \frac{1 - P_{06}^{(0)}}{1 - P_{06}^{(0)}} (T_{06} + T_{01}) + \right. \right.$$

$$\left. \left. + \left( P_{06} \frac{1 - P_{06}^{(0)}}{1 - P_{06}^{(0)}} - m \frac{P_{06}^{(0)}}{1 - P_{06}^{(0)}} \right) T_{06} \right] \right\}.$$

На основании изложенных принципов можно определить характеристики надежности и эффективности для всех этапов и в целом процесса создания и освоения новой техники.

## ЛИТЕРАТУРА

1 Амбарцумян К.А. Управление процессом создания новой техники в научно-производственном объединении. - Ереван: Айтастан, 1987 - 164 с.