

# СИСТЕМНЫЙ ПОДХОД В ОПРЕДЕЛЕНИИ СЛОЖНОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ОПЕРАЦИЙ

**Д. П. Кеда. Санкт-Петербургский военный институт ВВ МВД России.**

**С. Л. Исаков, кандидат технических наук, доцент.**

**Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России**

Рассмотрен системный подход расчета модели ранга и сложности технологической операции в обучении. Моделирование технологического процесса реализовано на основе построения ориентированного графа и матрицы связей каждого элемента. Проведена качественная оценка сложности технологической операции технологического процесса по ее параметрам и показателям. Вычисленные численные значения операций достаточно полно отображают их сложность и позволяют обоснованно использовать в образовательном процессе.

*Ключевые слова:* модель ранга и сложности, технологическая операция, структурно-логическая схема, ориентированный граф, матрица связей, параметры технологического процесса

## THE SYSTEM APPROACH IN DEFINITION OF COMPLEXITY OF TECHNOLOGICAL OPERATIONS

D. P. Keda. Saint-Petersburg military institute TA of the Ministry of internal affairs of Russia.

S. L. Isakov. Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia

The system approach of calculation of rank and complexity model technological operation in teaching. Modelling of technological process is realized on the basis of construction focused the column and matrixes of communications of each element. Quality standard of complexity of technological operation of technological process on her parameters and parameters is lead The calculated numerical values of operations full enough display their complexity and allow is proved to use in educational process.

*Key words:* rank and complexity model, technological operation, the structurally-logic scheme, the directed graph, matrix of communications, setting technological process

Для исследования технологического процесса представляется целесообразным использовать подход, который позволит выделить и оценить технологические параметры и дать им качественную и количественную оценку. С этой целью предлагается использовать следующие показатели:

- ранг технологических операций;
- сложность технологических операций.

Первый показатель – ранг технологических операций технологического процесса определяет значимость и представляет собой алгоритм действий, отображенный в виде структурно логической схемы (рис. 1).

Проводя исследование методов изучения учебной материально-технической базы (УМТБ) в образовательном процессе, определим его показатели на практическом занятии как технологическом процессе [1]. Например, на практическом занятии отрабатывается норматив № 1 – установить и снять инженерное средство на пересеченной местности в грунт. От обучаемых требуется получить твердые практические навыки и умения в выполнении норматива; уровень достаточности выполнения норматива определяется временем. Требования к условиям выполнения норматива на практическом занятии представлены в алгоритме технологического процесса (рис. 1).

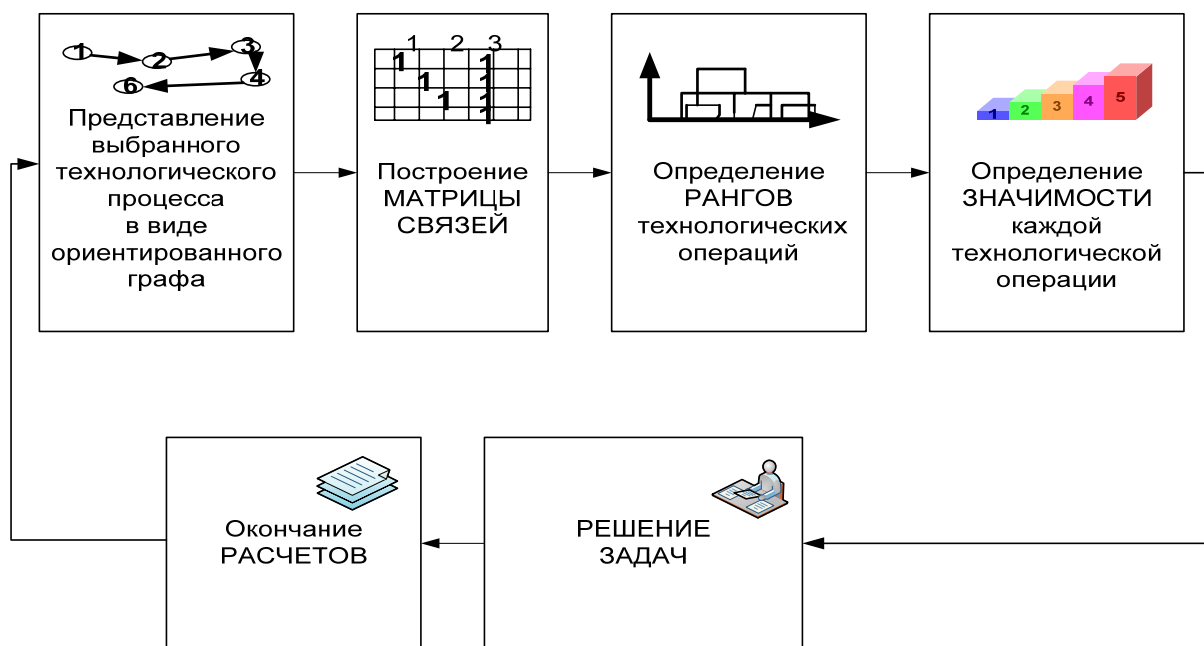


Рис. 1. Структурно-логическая схема определения ранга технологического процесса, операции

Данный подход моделирования технологического процесса реализован при определении рангов технологических операций процесса, выполнении норматива № 1 на практическом занятии (рис. 2):

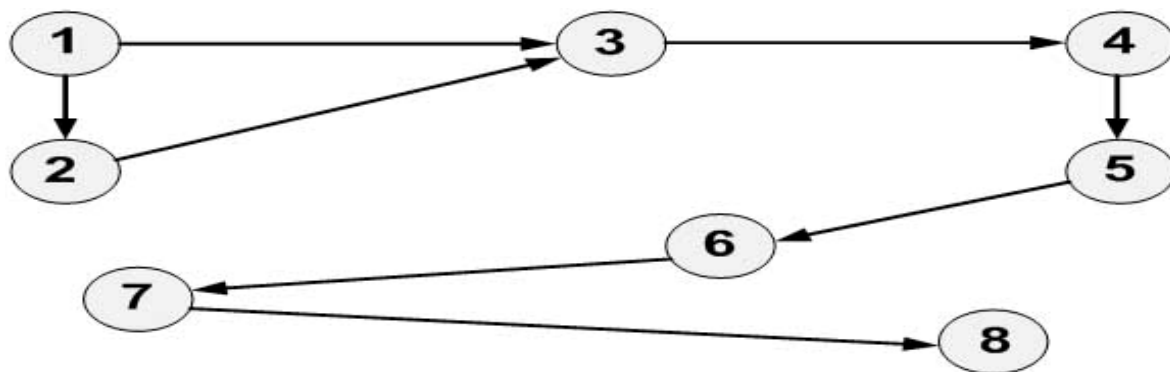


Рис. 2. Ориентированный граф технологического процесса по выполнению норматива на практическом занятии [2]:

1 – получение инженерного средства; 2 – получение устройства МД-9; 3 – подготовка инженерного средства к установке; 4 – выдвижение на рубеж установки и выбор места для установки инженерного средства; 5 – отрывка лунки по размерам инженерного средства; 6 – процесс размыкания и вытягивания предохранительного элемента; 7 – процесс закручивания прижимного колпачка; 8 – процесс закрытия, маскировки инженерного средства и убытия с места установки инженерного средства

Данный граф в полной мере отображает технологические операции технологического процесса по установке инженерного средства и связи между операциями [3].

На основе ориентированного графа строится матрица связей для определения в дальнейшем ранга каждого элемента (рис.3).

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1		1	1	1	1	1	1	1	1
2			1	1	1	1	1	1	1
3				1	1	1	1	1	1
4					1	1	1	1	1
5						1	1	1	1
6							1	1	1
7								1	1
8									1
9									

Рис. 3. Матрица связей технологического процесса – выполнение норматива по установке инженерного средства

Ранг технологической операции определяется:

$$R_{im} = \frac{\sum d^{im}}{\sum d^1 + \sum d^2 + \dots + \sum d^n},$$

где  $R_{im}$  – ранг  $i$ -го процесса, операции;  $\sum d^{im}$  – суммарное количество связей  $i$ -го процесса, операции;  $n$  – количество процессов, операций.

Причем, 
$$\sum_{i=1}^n R_{im} = 1.$$

Для рассматриваемых технологических операций ранг равен:

$$R_1 = 0.88, R_2 = 0.7, R_3 = 0.6, R_4 = 0.5, R_5 = 0.4, \\ R_6 = 0.3, R_7 = 0.2, R_8 = 0.1, R_9 = 0.$$

Анализ полученных данных показывает, что технологические операции с большим значением  $R$  являются более значимыми и оказывают влияние на весь технологический процесс в целом [4].

Однако определение ранга технологической операции не всегда является достаточным для качественной оценки, так как не учитывается сложность самой операции, а лишь показывает ее технологическую связь с другими операциями.

В связи с этим рассмотрим показатель, характеризующий сложность технологического процесса (технологической операции). Сложность схемы может быть оценена следующими параметрами: количеством выполняемых работ; количеством связей между процессами; соотношением количества связей и работ; удельной трудоемкостью выполняемой операции; разнородностью используемого инструмента; разрядностью выполняемой работы; составом команды.

На рис. 4, 5, 6 представлены структурные схемы трех технологических операций

технологического процесса снаряжения, оборудования и установки инженерного средства поэлементно, имеющих различное количество работ и связей между ними.

1. *Снаряжение инженерного средства на исходном положении.*

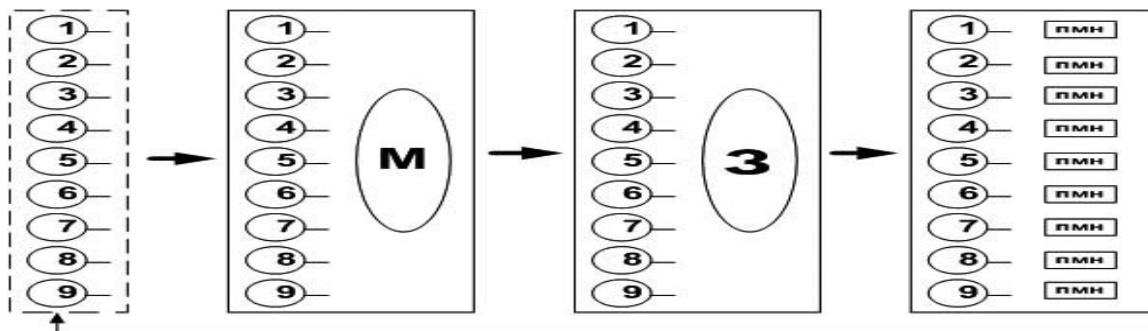


Рис. 4. **Граф технологических операций технологического процесса снаряжения инженерного средства на исходном положении**

- ① Номера участников технологической операции;
- М Процесс получения инженерного средства;
- З Процесс получения МД-9;
- ПМН Подготовка инженерного средства к применению

2. *Оборудование места для установки инженерного средства.*

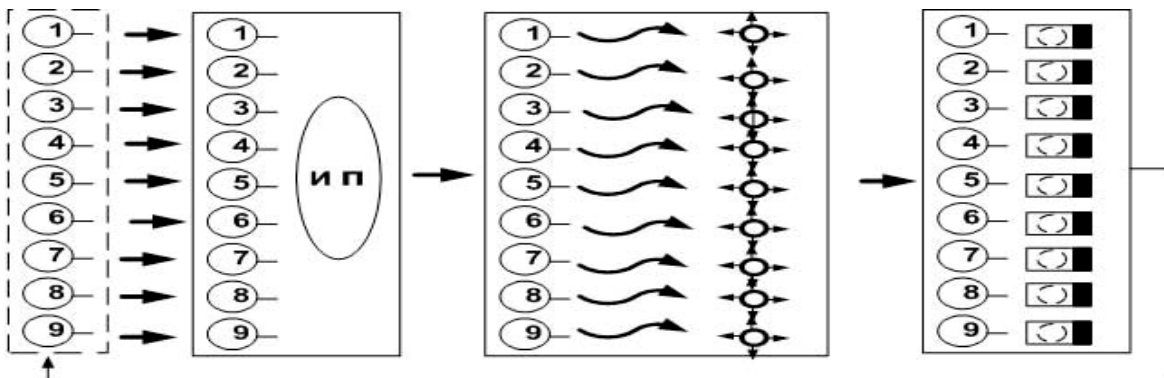


Рис. 5. **Граф технологических операций технологического процесса оборудования места для установки инженерного средства**

- ① Номера участников технологической операции;
- И П Процесс выхода на исходный рубеж;
- ⊗ Выбранное место установки под инженерное средство;
- ~ Процесс выбора места установки инженерного средства;
- ⊗ Оборудование лунки для инженерного средства

3. *Установка инженерного средства в рабочее положение*

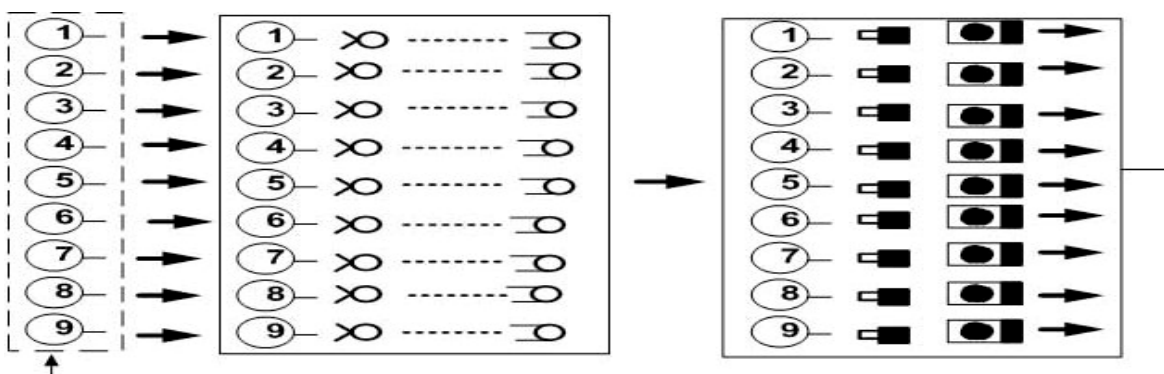


Рис. 6. **Граф технологических операций технологического процесса установки инженерного средства в рабочее положение**

- ① Номера участников технологической операции;
- ⊗ Процесс извлечения предохранительного элемента;
- Процесс вытягивания предохранительного элемента;
- Вытянутый предохранительный элемент;
- Процесс закручивания прижимного колпачка;
- Процесс закрытия и маскировки инженерного средства

Таблица 1. **Параметры технологического процесса**

Наименование операции	Расчет (экипаж)	Трудо-емкость на 30 м ч/час.	Разно-родность инстру-мента	Разряды	Вид исп. материала	Кол-во связей
Получение инж. средства	10	0,04	-	1	1	8
Получение изделия МД-9	10	0,04	-	1	1	7
Снаряжение инж. средства	10	0,0091	2	1	2	6
Выход и выбор места для инж. ср.	10	0,021	-	1	1	5
Оборудование лунки под инж. ср.	10	0,16	2	1	2	4
Вытягивание предохран. ср.	10	0,0051	1	1	2	3
Закручивание приж. колпачка	10	0,003	1	1	1	2
Процесс маскировки	10	0,016	2	1	4	1
* K	0,05	0,3	0,1	0,2	0,2	0,15

*Примечание:* таблица составлена по данным расчета.

*\*Коэффициент влияния параметра на сложность технологического процесса определяется экспертным опросом ( $K_i, K_j, K_y, K_q, K_z, K_n$ )*

Определение сложности технологических операций с учетом таких показателей технологического процесса как трудоемкость, используемый инструмент, материал, состав команды (табл. 1) производится с помощью следующего выражения

$$S_{oi} = \frac{N_i}{\sum N_i} K_i + \frac{H_i}{\sum H_i} K_j + \frac{P_i}{\sum P_i} K_y + \frac{R_i}{\sum R_i} K_q + \frac{M_i}{\sum M_i} K_z + \frac{n_i}{\sum n_i} K_n,$$

где  $S_{oi}$  – сложность технологического процесса;  $N_i$ , – состав команды;  $H_i$  – трудоемкость выполняемой операции;  $P_i$  – разнородность используемого инструмента;  $R_i$  – разрядность выполняемой операции;  $M_i$  – количество используемого материала;  $n_i$  – количество связей; ( $K_i, K_j, K_y, K_q, K_z, K_n$ ) – коэффициенты, учитывающие влияние параметра на сложность процесса.

Представляется, что вычисленные численные значения сложности операций (табл. 2) достаточно полно отображают их сложность и позволяют обоснованно отразить в учебном процессе их состав в порядке предпочтения значимости изучения [4].

Таблица 2. Приведенные параметры технологического процесса с учетом коэффициента  $K$

Наименование операции	Команда	Трудоемкость на 30 м, ч/час	Разнородность инструмента	Разряды	Вид материала	Кол-во связей	$\Sigma = S_{oi}$
Получение изделия ПМН	0,006	0,033	-	0,025	0,0142	0,0333	0,1115
Получение изделия МД-9	0,006	0,033	-	0,025	0,0142	0,0291	0,1073
Снаряжение изделия ПМН	0,006	0,0008	0,025	0,025	0,0285	0,025	0,1103
Выход и выбор места для ПМН	0,006	0,017	-	0,025	0,0142	0,0208	0,083
Оборудование лунки под изделие ПМН	0,006	0,132	0,025	0,025	0,0285	0,0166	0,2331
Процесс вытягивания чеки из ПМН	0,006	0,042	0,0125	0,025	0,0285	0,0125	0,1265
Процесс закручивания прижимного колпачка	0,006	0,023	0,0125	0,025	0,0142	0,0083	0,089
Процесс закрытия, маскировки изделия ПМН	0,006	0,013	0,025	0,025	0,0571	0,0041	0,1302

### Литература

1. Вислоцкий А.И. Математическое моделирование процесса обучения человека-оператора на тренажерах // Проблемы инженерной психологии: сборник. – Л., 1990. – 126 с.
2. Айвазян С.А. Прикладная статистика. Основы эконометрики: в 2 т. – М.: Юнити-дана, 2001. – Т. 1. – 489 с. – Т. 2. – 432 с.
3. Костюкова Н.И. Графы и их применение. Комбинаторные алгоритмы для программистов. – М.: Ун-т информ. технол. 2007. – С. 14, 79, 87, 126.
4. Волкова В.Н. Системный анализ и принятие решений: словарь-справочник. – М.: Высшая школа, 2004. – С. 26, 39, 176, 231, 426, 575, 601.