

**МЕТОДЫ КАЧЕСТВЕННОГО АНАЛИЗА СЦЕНАРИЕВ ЭКСПЛУАТАЦИИ
ПОРТОВЫХ ГРУЗОПОДЪЕМНЫХ МАШИН В КОНФЛИКТНЫХ СИТУАЦИЯХ**

И. И. Коваленко, д-р техн. наук, проф.¹;
Н. С. Серeda, нач. службы механизации²;
А. В. Мельник, ст. лаборант¹

¹Национальный университет кораблестроения, г. Николаев;
²Николаевский морской торговый порт, г. Николаев

Аннотация. Рассмотрена задача качественного анализа сценариев эксплуатации портальных кранов, которые отработали нормативный срок. Для решения этой задачи предложено использовать метод анализа иерархий. Приведен пример использования метода на практике.

Ключевые слова: портальный кран, метод анализа иерархий, принятие решений.

Анотація. Розглянуто задачу якісного аналізу сценаріїв експлуатації портальних кранів, які відпрацювали нормативний термін. Для вирішення цього завдання запропоновано використовувати метод аналізу ієрархій. Наведено приклад застосування методу на практиці.

Ключові слова: портальний кран, метод аналізу ієрархій, прийняття рішень.

Abstract. The problem of the qualitative analysis of operation scenarios of portal cranes which went through the normative term has been considered. It is suggested to use the analytic hierarchy process to solve this problem. The example of practical application of the method has been given.

Keywords: portal crane, the analytic hierarchy process, decision-making.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

Важную роль в технологических процессах функционирования портов играют грузоподъемные машины (ГПМ), в частности портовые портальные краны (ППК). Надежность и работоспособность последних в значительной степени зависит от срока службы, изнашиваемости их элементов под воздействием различных эксплуатационных, климатических и прочих факторов. Для предотвращения аварийных ситуаций все ГПМ, отработавшие нормативный срок службы, подвергаются экспертному обследованию (диагностированию) в соответствии с принятыми организационно-методическими документами [4]. В зависимости от их технического состояния продление эксплуатации осуществляется на срок до прогнозируемого наступления предельного состояния (остаточный ресурс) или на определенный период (позапное продление срока эксплуатации) в пределах остаточного ресурса.

Однако в современной практике эксплуатации портовых ГПМ достаточно часто возникают ситуации, которые не позволяют принимать однозначные решения о возможности (невозможности) использования ППК в соответствии с указанными нормативными документами. Это обусловлено прежде всего тем, что в настоящее время большинство ППК передано в аренду находящимся на территории портов стивидорным компаниям, большая часть которых работает в условиях хозрасчета (без жесткого директивного планирования). Предельно ясно, что в такой ситуации все расходы на обслуживание ППК возлагают на себя

стивидорные компании, основной целью которых является получение определенной прибыли. К числу людей, принимающих решения в таких компаниях, как правило, относятся директор, начальник службы механизации (СМ) и главный бухгалтер. Очевидным является то, что у каждого из этих должностных лиц имеется свое представление о принятии решений относительно эксплуатации ГПМ, которое может иметь конфликтный характер. Кроме этого, процесс принятия решения усложняет тот факт, что число параметров, характеризующих техническое состояние ППК, достаточно велико. Это не всегда позволяет получить комплексную (обобщенную) оценку технического состояния крана. Принятие решения в данном случае, по-видимому, может быть основано на проведении качественного анализа возможных сценариев эксплуатации ГПМ с применением методов поддержки принятия решений.

**АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ
И ПУБЛИКАЦИЙ**

Существующие методы диагностирования и оценки технического состояния ГПМ не охватывают в полном объеме спектр внешних и эксплуатационных воздействий, которым подвергаются краны. В работах [1–3, 6] предлагается использовать методику оценки технического состояния грузоподъемных кранов на основе применения обобщенного (комплексного) параметра (критерия) и учета нескольких параметров, характеризующих техническое состояние металлоконструкции кранов [1, 6]. В работе [2]

предложена разработка системы поддержки принятия решения технической диагностики кранов на основе формирования баз данных прецедентов. Известна также методика [3] определения фактической группы классификации (режима работы) грузоподъемных кранов, основанная на величине удельного энергопотребления кранов.

В целом, рассмотренные подходы базируются на количественном анализе и не учитывают ситуации, связанные с участием людей в принятии решений в условиях возможного риска и наличия конфликтных ситуаций.

ЦЕЛЮЮ РАБОТЫ является разработка подхода, направленного на проведение качественного анализа сценариев эксплуатации ППК, с применением комплекса методов поддержки принятия решений, использующих экспертные оценки в условиях наличия конфликтных ситуаций и последующего формирования рекомендаций для лица, принимающего решение (ЛПР).

ИЗЛОЖЕНИЕ ОСНОВНОГО МАТЕРИАЛА

В качестве объекта исследования выбраны организационные ситуации, связанные с принятием решений о возможности эксплуатации портовых порталных кранов в условиях существования конфликтов.

Перейдем к краткому описанию целей и действий, направленных на их достижение, и участников принятия решения о возможности (невозможности) эксплуатации ППК. Для начальника службы механизации главная цель – поддержка крана в работоспособном состоянии. Для этого он применяет следующие действия: оценивает степень негативного воздействия на ППК эксплуатационных и климатических условий и характеристик груза, организывает работу экспертной комиссии и проведение ремонтов кранов, выдает рекомендации машинистам относительно темпов работы крана. Приоритетной целью директора является выполнение грузоперевалочных работ в установленные сроки. Следовательно, он заинтересован в увеличении темпов работы ППК, в выполнении очередных ремонтов. Для него также нежелательна остановка крана, связанная с внеплановыми ремонтами ППК. Цель главного бухгалтера заключается в экономии средств на незапланированные расходы. Действия главного бухгалтера с финансовой точки зрения направлены на получение максимальной прибыли.

Исходя из сказанного, можно выделить три основных сценария эксплуатации ППК: «остановка крана / ремонт»; «неостановка / выполнение очередного ремонта»; «неостановка крана / неремонт». Первый сценарий подразумевает остановку ГПМ и последующий ее капитальный ремонт, второй – выполнение очередного ремонта в объеме, обеспечивающем работоспособность ППК в течение всего межремонтного

периода, третий – продолжение работы ППК в том техническом состоянии, в котором он пребывает на момент принятия решения без ремонта крана.

Все изложенное представим в виде иерархической схемы (рис. 1), в которой цели и действия представлены в качестве критериев для выбора сценариев. Рассмотрим алгоритм реализации описанного выше подхода (см. рис. 1), который состоит из шести этапов.

Первые четыре этапа формируются с помощью метода анализа иерархий [5], состоящего из следующих итераций:

1. Определяется цель принятия решений и строится иерархия, в рамках которой выполняется структуризация задачи.

2. Производится попарное сравнение критериев и альтернатив, в результате которого формируется обратносимметричная матрица вида

$$X = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & x_{13} & \dots & x_{1n} \\ x_{21} & x_{22} & x_{23} & \dots & x_{2n} \\ & & \dots & & \\ x_{n1} & x_{n2} & x_{n3} & \dots & x_{nn} \end{bmatrix} \tag{1}$$

или

$$X = \begin{bmatrix} 1 & x_{12} & x_{13} & \dots & x_{1n} \\ 1/x_{21} & 1 & x_{23} & \dots & x_{2n} \\ & & \dots & & \\ 1/x_{n1} & 1/x_{n2} & 1/x_{n3} & \dots & 1 \end{bmatrix}$$

3. По значениям матрицы (1) формируется набор локальных приоритетов, которые выражают относительное влияние множества элементов между уровнями иерархии. Для этого подсчитывается значение собственного вектора *d* матрицы (1) и производится их нормализация по следующей схеме:

$$\begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1n} \\ x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2n} \\ & & \dots & \\ x_{n1} & x_{n2} & \dots & x_{nn} \end{bmatrix} \Rightarrow \left\{ \begin{array}{l} \sqrt[n]{x_{11} \cdot x_{12} \cdot \dots \cdot x_{1n}} = d_1 \\ \sqrt[n]{x_{21} \cdot x_{22} \cdot \dots \cdot x_{2n}} = d_2 \\ \dots \\ \sqrt[n]{x_{n1} \cdot x_{n2} \cdot \dots \cdot x_{nn}} = d_n \end{array} \right\} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow (d_1 + d_2 + \dots + d_n) = D \Rightarrow \frac{d_1}{D} = \omega_1, \frac{d_2}{D} = \omega_2, \dots, \frac{d_n}{D} = \omega_n.$$

Такие векторы формирует каждый присутствующий в иерархии участник принятия решений.

На пятом этапе алгоритма по полученным векторам приоритетов строятся ранжировки сценариев, которые могут характеризоваться как строгим, так и нестрогим порядком. Например, $a_1 \succ a_2 \succ a_3$, $a_2 \succ a_3 \succ a_1$ и др. – строгий порядок, $a_2 \sim a_1 \succ a_3$, $a_3 \sim a_2 \succ a_1$ и др. – нестрогий порядок.

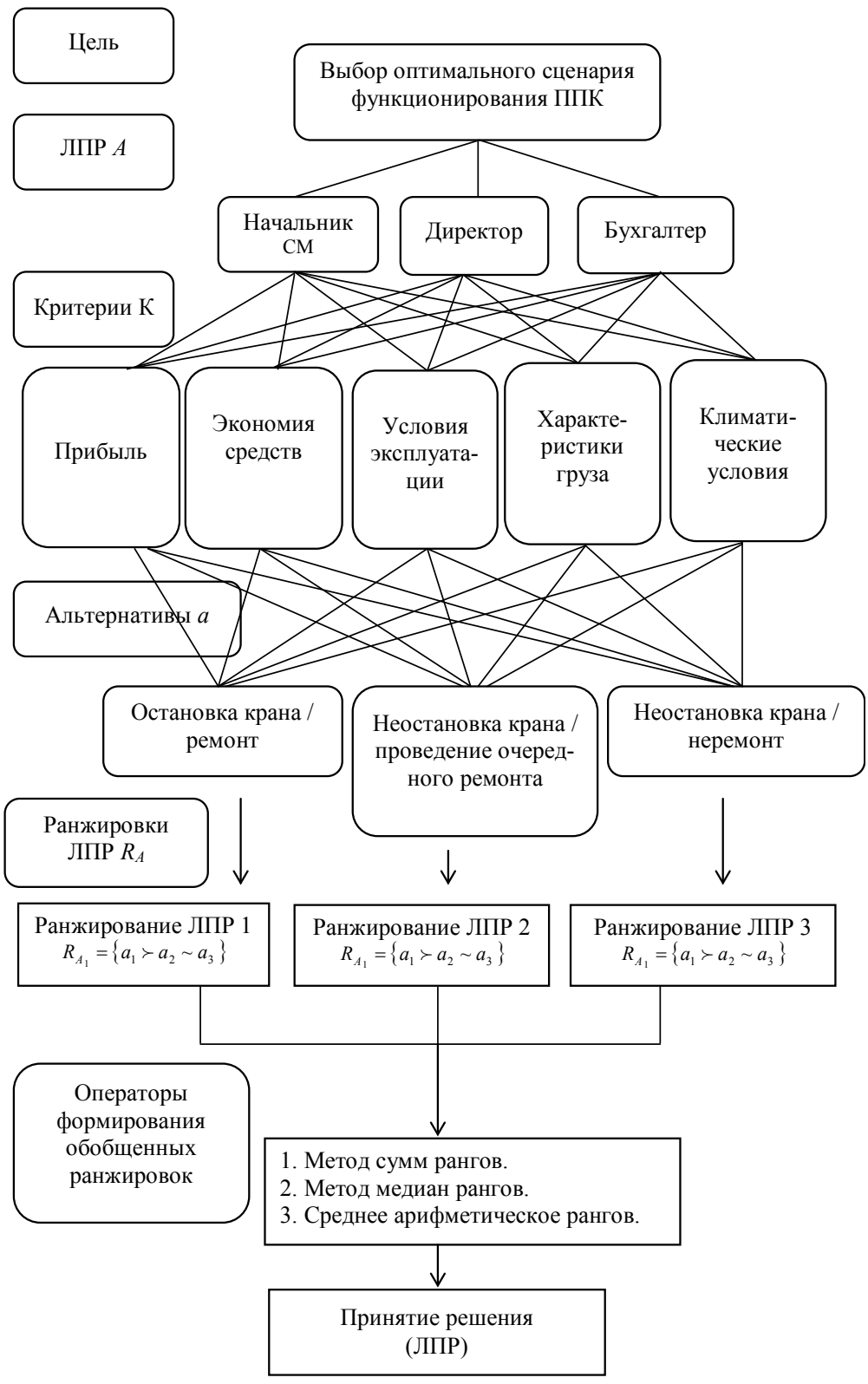


Рис. 1. Структура алгоритма качественного анализа сценариев эксплуатации ППК

Заключительный этап алгоритма состоит в формировании обобщенной ранжировки альтернатив с учетом мнений всех участников принятия решений. С этой целью строится матрица рангов $\|r_{ij}\|$ (где $i = \overline{1, n}$ – ЛПП; $j = \overline{1, m}$ – число альтернатив) и выполняется ее анализ с использованием следующих трех операторов:

1. Сумма рангов $r_i = \sum_{j=1}^n r_{ij}$.

2. Медиана рангов

$$\text{Med}_{r_i} = \begin{cases} r_{\left(\frac{n+1}{2}\right)}, & \text{если } n - \text{нечетное число;} \\ \frac{1}{2} \left(r_{\left(\frac{n}{2}\right)} + r_{\left(\frac{n}{2}+1\right)} \right), & \text{если } n - \text{четное число.} \end{cases}$$

3. Среднее арифметическое рангов $\bar{r}_i = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n r_{ij}$.

Это позволяет формировать обобщенные ранжировки, которые могут представлять собой рекомендации для лица, принимающего решение.

Рассмотрим простой пример использования предложенного алгоритма. Пусть в результате проведенных по методу анализа иерархий расчетов каждым из участников принятия решений получены следующие ранжировки:

$$A_1 : a_1 \succ a_3 \succ a_2; \quad A_2 : a_2 \succ a_3 \succ a_1; \quad A_3 : a_1 \succ a_2 \sim a_3.$$

На основании таких ранжировок строим таблицу рангов (табл. 1).

Таблица 1. Матрица рангов

	a_1	a_2	a_3
R_{A_1}	3	1	2
R_{A_2}	1	1	2
R_{A_3}	3	2	2
$\sum_{j=1}^n r_{ij}$	7	4	6
Med_{r_i}	3	1	2
\bar{r}_i	2,33	1,33	2

В результате получаем три одинаковые обобщенные ранжировки: $a_1 \succ a_3 \succ a_2; a_1 \succ a_3 \succ a_2; a_1 \succ a_3 \succ a_2$. Таким образом, в рассмотренном примере альтернатива a_1 «остановка крана / ремонт» оказалась лучшей.

ВЫВОДЫ

Рассмотренный подход, основанный на методах качественного анализа, позволяет в автоматизированном режиме формировать рекомендации лицу, принимающему решение, в условиях наличия конфликтных ситуаций и непосредственно повышать организационный уровень принятия решений по эффективному применению портовых грузоподъемных машин.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

[1] **Бойко, Г. А.** Концепция оценки технического состояния грузоподъемных кранов [Электронный ресурс] / Г. А. Бойко // Технические науки : сб. науч. публ. – Луганск : ВНУ, 2011. – Режим доступа: <http://dspace.snu.edu.ua>.

[2] **Климчук, С. А.** Применение прецедентов для диагностики кранов мостового типа [Электронный ресурс] / С. А. Климчук // Системні дослідження та інформаційні технології = System Research & Information Technologies. – 2012. – № 4. – С. 17–22. – Режим доступа: <http://journal.iasa.kpi.ua>.

[3] **Неженцев, А. Б.** Определение фактического режима работы грузоподъемных кранов при экспертном обследовании [Электронный ресурс] / А. Б. Неженцев // Технические науки : сб. науч. публ. – Луганск : ВНУ, 2007. – Режим доступа: <http://www.nbu.gov.ua>.

[4] Організаційно-методичний документ: ОМД22460848.003–2012. Крани портальні, крани-перевантажувачі. Експертне обстеження: проект [Текст]. – К., 2012. – 136 с.

[5] **Саати, Т.** Принятие решений. Метод анализа иерархий [Текст] / Т. Саати. – М. : Радио и связь, 1993. – 316 с.

[6] **Сакара, А. А.** Остаточный ресурс портальных кранов и его определение [Электронный ресурс] / А. А. Сакара, В. Д. Евдокимов // Электронное издание «Вісник Одеського національного морського університету». – Одесса : ОНМУ, 2008. – С. 148–157. – Режим доступа: <http://www.osmu.odessa.ua>.

© І. І. Коваленко, М. С. Серета, А. В. Мельник
 Надійшла до редколегії 11.02.13
 Статтю рекомендує до друку
 канд. техн. наук, проф. НУК А. Ф. Галь
 Статтю розміщено у Віснику НУК № 1, 2013