

УДК 681.3

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРОЦЕДУР ВЫБОРА ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ ОЧЕРЕДЕЙ РЕМОНТА ОБОРУДОВАНИЯ

Г.Л. Шкурина

Описана методика планирования очередей ремонта оборудования с помощью процедур выбора. Оптимальные очереди оборудования на ремонт формируются на основе использования объективных критериев без введения метрики. Такой подход при разработке планов ремонта позволяет строить очереди по характеристикам ремонтпригодности оборудования с различной степенью информационной полноты.

Ключевые слова: планирование очередей ремонта оборудования, методы принятия решений, метрические методы выбора, автоматизированная система обслуживания и ремонта оборудования.

Введение

В условиях инвестиционного кризиса невозможно повысить экономическую эффективность предприятия без совершенствования принципов и методов технического обслуживания и ремонта оборудования и управления производственными фондами. И хотя большинство предприятий признают реальную отдачу от использования специализированных систем автоматизации для этих целей, качество бизнес-процессов находится на весьма низком уровне.

По результатам исследования 350 российских фирм (декабрь 2008 г.) автоматизированные системы управления производственными фондами (ЕАМ), технического обслуживания и ремонта оборудования (ТОРО) установлены у 27% предприятий. В основном это предприятия нефтегазовой промышленности (52%), металлургии (22%), электроэнергетики и ЖКХ (12%), машиностроения (2%). Одновременно в развитых индустриальных странах экономический эффект от использования систем ЕАМ/ТОРО давно признан очевидным, так как затраты на ремонт растут на 10–15% в год.

В этой связи актуализируется задача разработки методики оптимального планирования ремонтов оборудования и реализации на их основе систем ЕАМ/ТОРО.

Вопросы обоснования планов вывода объектов в ремонт необходимо решать с применением многокритериального подхода по совокупности показателей качества и, прежде всего, текущей надежности, характеризующей состояние оборудования на данный момент времени. При этом окончательное выстраивание очередей должно учитывать не только состояние того или иного оборудования из однородных групп, но и его значимость, а также взаимосвязи в системе, стоимостные характеристики, потери от простоя и стратегические последствия различного характера.

Уже используемые системы ЕАМ/ТОРО основаны на статистических методах или методах экспертной оценки состояния оборудования. Однако методы, основанные на усредненных статистических данных, не могут предоставить полной и достоверной информации о техническом состоянии оборудования, так как на большинстве российских предприятий оборудование крайне изношено физически. И весовые коэффициенты, как показывает практика, назначаемые экспертами, носят крайне субъективный

характер и существенно зависят от степени компетентности лиц, принимающих решения (ЛПР), отсюда и достоверность самих целевых функций довольно низка.

С другой стороны, из теории исследования операций известно, что сравнение объектов по векторным, неметрическим, безусловным критериям Парето и Слейтера более объективно по своей природе, так как основано на бинарных (порядковых), а не на метрических соотношениях. К классу неметрических, порядковых критериев можно отнести и условный лексикографический критерий, в котором в качестве условия используется приоритет учитываемых показателей качества, а векторная задача разбивается на ряд скалярных [1]. Использование таких неметрических критериев несет меньше субъективных ошибок при установлении очередей на ремонт, чем при использовании критериев интегрального типа с весовыми коэффициентами [2, 3]. Наличие такой информации позволяет проектировать оптимальные бизнес-процессы, принимать рациональные и обоснованные решения по эксплуатации, техническому обслуживанию, ремонтам, модернизации и техническому перевооружению объектов.

Обобщенный алгоритм построения очередей ремонта оборудования

Обобщенная структура методики построения очередей на ремонт оборудования из однородных групп представлена на рис. 1 и включает следующие этапы:

1. подготовка исходных данных;
2. модельное описание данных об однородных объектах; формирование критериев с учетом назначенных экспертами показателей качества (ПК) и информированности ЛПР;
3. формирование критериев построения очередей по выбранным показателям качества;
4. первичное построение очередей по принятому критерию;
5. уточнение и коррекция предварительно установленных очередей с учетом стоимостных характеристик;
6. окончательная коррекция и утверждения очередей на ремонт.

На первом этапе подготовки исходных данных формируются однородные классы оборудования Ω . На данном этапе необходимо выбрать модель формализованного описания оборудования. Для этого выделяются информативные технические показатели качества $\{ПК\}$, которые в полной мере характеризуют выработку оборудованием рабочего ресурса и потенциальной надежности объекта ремонта. Далее назначаются конкретные условия $\{У\}$ и ограничения $\{О\}$ на вывод оборудования в ремонт [2]. На этом же этапе требуется определиться со стоимостными показателями качества ремонта по каждому объекту из однородной группы.

На втором этапе описывают модель объекта ремонта с помощью технических характеристик его ремонтпригодности. На этапе модельного описания данных об однородных объектах их классифицируют на группы (числовые, символьные, графические). Затем данные представляются в виде реляционных структур и формируются массивы данных для объектов из однородных групп. И в конце структуры данные из реляционных преобразуются в ассоциативные с целью использования их для обработки данных аппарата булевой алгебры.

На следующем этапе формируются критерии выбора в очередь с учетом принятой совокупности $\{ПК\}$. Процедуры в п. 3.1, п. 3.2, выстраиваются по одной из ветвей в зависимости от информированности пользователя:

- формирование критериев построения очередей объектов на обслуживание и ремонт для информированных экспертов;
- формирование критериев построения очередей для слабоинформированных экспертов.

Первичные построения очередей по принятому критерию (процедуры п. 4.1, п. 4.2) осуществляются по разным алгоритмам в зависимости от принятых целевых критериев и дают возможность получить разные, но частично связанные между собой результаты. Прежде всего, строятся очереди на ремонт оборудования на основе безусловного критерия предпочтения (критерия Парето), в котором все показатели качества рассматриваемых объектов являются независимыми и не имеют приоритетов. Использование этого критерия позволяет выстроить порядки объектов по слоям Парето, коррекция которых экспертами после построения ряда осуществляется по стоимостным критериям. Метод может быть использован при очень слабой информированности ЛПР. При достаточно высокой информированности персонала, построение очередей на ремонт осуществляется на основе формирования линейных порядков с помощью L -критерия, который требует установления приоритетов ПК для рассматриваемых объектов.

На пятом этапе уточняются и корректируются предварительно установленные очереди. На этом этапе ведется учет стоимостных показателей бюджета ремонтов, а также других важных функциональных и тактических условий и ограничений для коррекции сформированного ранее (в п.п. 3, 4) порядка назначения очереди на ремонт.

Последний этап – окончательная коррекция и утверждение очередей на ремонт – является организационно-техническим этапом, основанным на согласовании общей технической политики отрасли или группы предприятий. Цель этапа – скорректировать взаимные несоответствия в сформированных планах

ремонта. Окончательная коррекция осуществляется для полного установления соответствий требованиям ТЗ и нахождения компромиссов между противоречивыми условиями и ограничениями на проект.



Рис. 1. Обобщенная структура методики формирования очередей

Разные подходы установления порядков ремонта оборудования

Рассмотрим предлагаемые подходы установления частичных или линейных порядков объектов, которые могут быть положены в основу назначения целесообразных очередей ремонтов, для персонала, обладающего различной степенью начальной информированности о техническом состоянии оборудования [2].

Для рассматриваемых объектов необходимо выделить набор информативных технических показателей качества, т.е. таких показателей, которые бы четко отражали данные о ремонтпригодности объекта. Однако часто нельзя достоверно установить приоритеты между ними. Этот факт и является показателем слабой информированности ЛПР. В этом случае для построения планов ремонтов при несравнимых и независимых показателях качества может использоваться критерий Парето (π-критерий) или критерий

Слейтера (*S*-критерий) [3]. Эти критерии позволяют строить порядки альтернатив на основе выделения π - или *S*-слоев.

Рассмотрим задачу установления порядка на примере критерия Парето. Для этого все исходное множество объектов Ω , согласно π -критерию, разбивается на линейно упорядоченные $\Omega_{\pi s}$ -слои, задающие π -оптимальную структуру исходного множества, которая и закладывается в основу построения очереди на ремонт. При этом слои Парето $\Omega_{\pi s}$ определяются индуктивно.

К первому слою $\Omega_{\pi 1}$ относятся все π_1 -оптимальные (концевые, неулучшаемые) альтернативы в подмножестве $\Omega_{\pi 1} = \max \Omega / R_k$, найденные из условия проведения бинарных сравнений на полном множестве Ω по отношениям

$$R_k: \{k_1(\omega_i) \leq k_1(\omega_j), i \neq j; \{\omega_i, \omega_j\} \subseteq \Omega; \forall i, j = \{1, M\}; \forall l = \{1, N\}\},$$

в которых хотя бы для одного из них такое неравенство является строгим. Второй слой определяется как подмножество Парето $\Omega_{\pi 2} = \pi(\Omega \setminus \Omega_{\pi 1})$ на множестве $\Omega \setminus \Omega_{\pi 1}$, из которого удалены все элементы, принадлежащие первому, $\Omega_{\pi 1}$, слою Парето. Аналогично получаем выражения для последующих слоев Парето $\Omega_{\pi 3}, \Omega_{\pi 4}, \dots, \Omega_{\pi s}$ на Ω . Полное исходное множество представляет собой объединение всех найденных слоев $\Omega = \Omega_{\pi 1} \cup \Omega_{\pi 2} \cup \dots \cup \Omega_{\pi s}$.

Внутри каждого $\Omega_{\pi s}$ -слоя все объекты несравнимы между собой, и каждый элемент из $\Omega_{\pi s}$ подмножества линейно упорядоченных слоев принадлежит ровно одному классу подмножеств расслоения по Парето на исходном множестве Ω .

Построение очереди на ремонт оборудования по критерию Парето может рассматриваться как способ задания порядка объектов линейным квази порядком слоев, задающим модель системы предпочтений. Причем сама модель представления множества объектов в подобном виде вводится для описания задач с частично недоопределенной целью, в которых из-за слабой информированности ЛПП невозможно задать точное априорное назначение приоритетов показателей качества, а возможно лишь для формулирования π -постановки $\pi(\Omega / \{k_1, k_2, \dots\})$ указать наборы несравнимых показателей качества $\{k_1, k_2, \dots\}$. Идея таких расслоений, представленных на рис. 2, закладывается в основу построения очереди на ремонт.

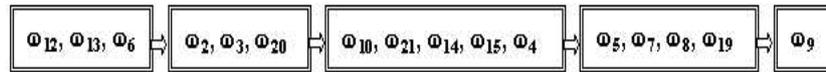


Рис. 2. Графическая интерпретация плана ремонтов, построенного на основе π -слоев

Слабая информированность ЛПП приводит (в результате применения критерия Парето) к неполному линейному порядку вариантов и несравнимости объектов в π -слоях.

Для достаточно информированного пользователя построение очереди на ремонт реализуется на основе установления линейных порядков объектов с помощью *L*-критерия. Для использования данного критерия ЛПП должен предварительно установить приоритеты показателей качества: $\langle k_1, k_2, \dots \rangle$.

Рассмотрим идею метода на примере, где все объекты, кроме ω_2 , являются допустимыми. Пусть экспертами заданы в качестве информативных два показателя качества $\{k_1, k_2\}$, причем ЛПП задал приоритет ПК: $\langle k_2, k_1 \rangle$, что означает, что k_2 важнее, чем k_1 .

Для удобства восприятия рассуждений можно изобразить график распределения вариантов в пространстве принятых показателей качества k_1 и k_2 , а затем сформировать линейный порядок для $L_1(\Omega / \langle k_2, k_1 \rangle)$ -критерия ($k_1 \rightarrow \min, k_2 \rightarrow \min$).

Для представленного примера можно констатировать, что линейный порядок вариантов при построении *L*-оптимального плана ремонта, полученный с помощью *L*-критерия $L_1(\Omega / \langle k_2, k_1 \rangle)$, начинается с варианта ω_{11} : ($\min k_2$), затем содержит несравнимые варианты $\{\omega_{12}, \omega_{13}\}, \{\omega_3, \omega_{23}\}, \{\omega_{14}, \omega_{15}\}$, которые могут стать различимыми с привлечением второго по важности ПК – k_1 . Вариант ω_2 по условию является недопустимым, поэтому он отсутствует в квазилинейном порядке.

Графически последовательность ремонтов объектов, построенная на основе *L*-критерия вида $L_1(\Omega / \langle k_2, k_1 \rangle)$, представлена на рис. 3.

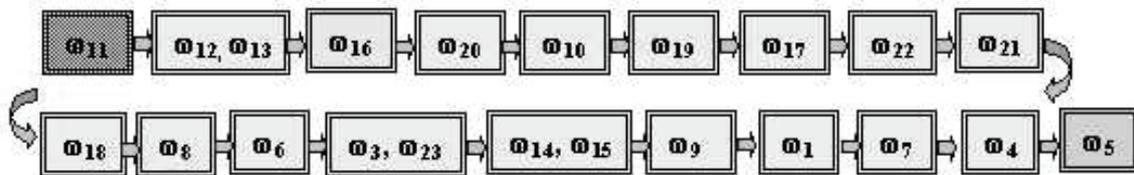


Рис. 3. Представление упорядоченного множества Ω в виде линейной структуры вариантов, полученной для $L_1(\Omega / \langle k_2, k_1 \rangle)$ -постановки

Эта последовательность объектов задает квазилинейный порядок, который может быть положен в основу формирования окончательной очереди для планового ремонта. Окончательная коррекция плана должна учитывать стратегические, экономические и ряд косвенных частных факторов, способных оказать воздействие на параметры коррекции очереди, сформированной по техническим показателям. В связи с тем, что специфика подобной коррекции достаточно сильно привязана к конкретным задачам и к конкретным объектам, в рамках настоящей работы эти вопросы не рассматриваются, а на практике решаются методом экспертных оценок.

Заключение

В работе описана методика оптимизации планирования ремонтов объектов, основой которой являются процедуры выбора и неметрические критерии.

Методика апробирована на Волгоградском тракторном заводе и позволила выстроить порядки технологического оборудования для разработки текущих и перспективных планов ремонта и обслуживания. Отбор или формулирование технических характеристик, используемых для построения очередей ремонта – отдельная область исследования, требующая специальных знаний конкретного оборудования. Одни технические показатели могут быть общими для всех или многих групп, другие – относящимися только к конкретной марке техники. Методика позволяет скорректировать влияние информированности разработчиков планов на результат организованной очереди.

Литература

1. Кандырин Ю.В., Шкурина Г.Л., Сазонова Л.Т. Решение задач многокритериального выбора по последовательно принимаемым SpL-критериям // Концептуальное проектирование в образовании, технике и технологии. Межвуз. сб. науч. тр. – Волгоград: ВолГТУ, 2000. – С. 96–100.
2. Кандырин Ю.В., Московский А.Е., Шкурина Г.Л. Методика формирования оптимальных очередей ремонтов по техническим характеристикам объектов // Журнал Известия ВолГТУ. Проблемы управления, вычислительной техники и информатики в технических системах. – 2007. – № 2 (28). – С. 95–99.
3. Шкурина Г.Л. Повышение надежности построения очередей ремонта оборудования // Системные проблемы надежности, качества информационно-телекоммуникационных технологий в инновационных проектах. Материалы XV международной конференции. Ч. 1. – М.: Энергоатомиздат, 2010. – С. 25–26.

Шкурина Галина Леонидовна – Волгоградский государственный технический университет, кандидат технических наук, доцент, shgl@bk.ru