

## **ЭКОНОМИКО-МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПЛАНИРОВАНИЯ И ОРГАНИЗАЦИИ РАБОТЫ ЭКСПЛУАТАЦИОННО-РЕМОНТНОЙ СЛУЖБЫ КОНКУРЕНТОСПОСОБНОГО НЕФТЕХИМИЧЕСКОГО ПРЕДПРИЯТИЯ**

Дли М.И., Фомченкова Л.В., Степанова Р.Р.

*Обоснована необходимость переориентации деятельности ремонтных служб нефтехимических предприятий на использование системы обслуживания по состоянию оборудования. Предложена экономико-математическая модель процесса эксплуатации оборудования, позволяющая рассчитывать экономически выгодную периодичность обслуживания и ремонта оборудования. Показано, что построение организационной структуры управления ремонтной службой с учетом рассчитанных при помощи модели межремонтных сроков службы оборудования, позволяет повысить экономическую эффективность и конкурентоспособность нефтехимического предприятия.*

Необходимым условием перехода Российской Федерации к устойчивому развитию является обеспечение динамичного развития отраслей промышленности, осуществляющих глубокую переработку сырьевых ресурсов. Экономическая эффективность и конкурентоспособность предприятий этих отраслей в значительной степени определяется состоянием производственного оборудования, которое в свою очередь зависит от эффективности функционирования системы эксплуатации и ремонта. В настоящее время износ оборудования нефтехимических и нефтеперерабатывающих предприятий РФ по разным оценкам составляет 50-70%. В связи с этим существенно возрастает значение эффективной организации деятельности ремонтной службы предприятия. Рациональная организация обслуживания и ремонта является определяющим фактором улучшения использования оборудования, повышения качества и снижения себестоимости производимой продукции, что способствует повышению конкурентоспособности нефтехимических предприятий в условиях глобализации экономики и обострения международной конкуренции.

Ремонтное хозяйство предприятия представляет собой совокупность отделов и производственных подразделений, занятых анализом технического состояния технологического оборудования, надзором за его состоянием, техническим обслуживанием, ремонтом и разработкой мероприятий по замене изношенного оборудования на более прогрессивное и улучшению его использования [1]. Выполнение этих работ должно быть организовано с минимальными простоями оборудования, в минимально короткие сроки, качественно и с минимальными затратами. В себестоимости продукции удельный вес на содержание и ремонт оборудования составляет более 10% [2]. Следовательно, конкурентоспособность и экономическая эффективность нефтехимического предприятия напрямую связаны с эффективностью работы ремонтного хозяйства, которая зависит от качества технологического оборудования и организации работы ремонтного хозяйства.

Качественное усложнение парка химико-технологического оборудования обусловило необходимость существенного изменения подходов к построению организационных структур, связанных с обслуживанием и ремонтом, методов планирования их работы. Экономическая эффективность организации и планирования ремонтных работ в настоящее время определяется уровнем использования современных математических методов и инструментов, позволяющих моделировать процессы эксплуатации сложного химико-технологического оборудования с целью определения оптимальных характеристик системы эксплуатации. Анализ подобных моделей позволяет определить оптимальные параметры системы эксплуатации, которые могут быть использованы при разработке экономически эффективных механизмов организации работы ремонтных служб.

В большинстве научных работ по теории и практике организации и управления обслуживанием и ремонтом оборудования нефтехимических производств основное внимание уделяется вопросам развития системы планово-предупредительного ремонта и построению на ее основе организационной структуры ремонтной службы нефтехимического предприятия. Вместе с тем существенное усложнение используемого химико-технологического оборудования и аппаратов, повышение требований к экологической безопасности производств, значительный износ оборудования определяет необходимость переориентации деятельности ремонтных служб на использование системы обслуживания по состоянию оборудования с учетом специфики нефтехимического предприятия.

В последние годы появился ряд научных работ, в которых предлагается при расчете основных показателей системы технического обслуживания и ремонта использовать математические модели процесса эксплуатации, при построении которых анализируются статистические данные о состоянии оборудования в предшествующий период времени. Однако указанные модели не используются в полной мере для определения путей повышения экономической эффективности нефтехимических предприятий за счет рациональной организации работы ремонтных и эксплуатационных служб. Практически отсутствуют необходимые инструменты, позволяющие использовать современные математические методы и информационные технологии для определения организационной структуры ремонтной службы нефтехимического предприятия, учитывающей специфику используемого химико-технологического оборудования. Для решения указанной задачи представляется целесообразным применение полумарковских математических моделей процессов эксплуатации, позволяющих определять оптимальные характеристики системы эксплуатации и ремонта сложного химико-технологического оборудования.

В условиях современного нефтехимического производства планирование сроков проведения обслуживания и ремонта оборудования имеет большое значение. От установленных межремонтных сроков службы зависит суммарная продолжительность простоев и ремонтов и, как следствие, экономическая эффективность деятельности предприятия. Усложнение химико-технологических производств определяет необходимость разработки и применения для определения основных характеристик рациональной системы обслуживания и ремонта экономико-математических моделей процесса эксплуатации

оборудования, которые позволяют рассчитывать экономически выгодную периодичность обслуживания и ремонта, определяемую уравнением:

$$\frac{K_{ГО}}{\sum_{i=1}^N Co_i + \sum_{j=1}^M Cp_j + Q} \rightarrow MAX, \quad (1)$$

где  $Co_i$  - затраты на проведение  $i$ -го обслуживания,  $Cp_j$  - затраты на проведение  $j$ -го ремонта,  $N$  - число текущих технических обслуживаний,  $M$  - число ремонтов,  $Q$  - убытки (недополученная прибыль) из-за простоя оборудования,  $K_{ГО}$  - коэффициент готовности оборудования.

Входящий в выражение (1) коэффициент готовности оборудования позволяет определить степень его надёжности и физического износа и может быть представлен в виде [3]:

$$K_{ГО} = \frac{T_O}{T_O + T_{ТО} + T_B + T_{ЛО} + T_H}, \quad (2)$$

где  $T_H$  - среднее время существования неисправностей, выявляемых при проведении технического обслуживания оборудования;  $T_{ЛО}$  - среднее время пребывания оборудования в состоянии с вынужденными повторными проверками для выявления того, что зарегистрированный отказ был ложным;  $T_{ТО}$  - средняя продолжительность технического обслуживания;  $T_B$  - среднее время восстановления оборудования,  $T_O$  - средняя наработка оборудования.

Оптимизационная задача (1) может быть решена с использованием разработанной экономико-математической полумарковской модели процесса эксплуатации сложного химико-технологического оборудования, позволяющей определять показатели, входящие в уравнение (1), как функцию показателей системы технического обслуживания и ремонта (в первую очередь периодичности и полноты обслуживания и ремонта). Указанная экономико-математическая полумарковская модель процесса эксплуатации химико-технологического оборудования основана на использовании модели, предложенной в [4,5], которая предполагает возможность нахождения оборудования в семи состояниях :

- 1) работоспособности;
- 2) отказа до начала проверки;
- 3) проверки при условии, что оборудование к началу проверки находилось в работоспособном состоянии;
- 4) проверки при условии, что оборудование к началу проверки отказало;
- 5) расширенного контроля при ложной регистрации отказа;
- 6) функционирования с неисправностью (частичным отказом) до очередной проверки;
- 7) расширенного контроля, подтверждающего наличие отказа и восстановления.

С учетом построенной матрицы переходных вероятностей вложенной марковской цепи была определена зависимость коэффициента от основных параметров системы технического обслуживания и ремонта (периодичности

проверок и обслуживания готовности; глубины контроля, определяемой типом обслуживания или ремонта) которая имеет вид:

$$K_{ГО} = \frac{P_A}{((T_{об} + T_K)(D - DP_A + P_A) + P_A T_B) \lambda_A}, \quad (3)$$

где  $P_A$  - вероятность возникновения отказов в оборудовании в течение периода технического обслуживания  $T_{об}$ ,  $\lambda_A$  - интенсивность отказов оборудования;  $D$  - вероятность обнаружения отказов в оборудовании (в том числе скрытых), определяемая глубиной контроля.

Показатели  $\lambda_A$ ,  $P_A$  - определяются на основе анализа статистической информации о работе используемого или аналогичного оборудования.

Выбор оптимальных показателей  $T_{об}$  и  $D$  находится в области принятия решений об организации системы обслуживания и ремонта, причём данные показатели в значительной степени определяют значение знаменателя выражения (1). Сказанное позволяет сделать вывод, что их обоснованный выбор непосредственно определяет экономическую эффективность использования оборудования.

На основе разработанной экономико-математической полумарковской модели процесса эксплуатации сложного химико-технологического оборудования можно предложить методы повышения экономической эффективности эксплуатационных и ремонтных служб нефтехимического предприятия, которые основаны на определении рациональной полноты контроля и сроков технического обслуживания при постоянном и переменном объёме проверок, а также метод обоснования периодичности обслуживания при ограниченной информации о безотказности системы.

Суть метода повышения экономической эффективности эксплуатационных и ремонтных служб нефтехимического предприятия заключается в определении оптимальной периодичности обслуживания при постоянном объёме проверок, что сводится к расчету значения коэффициента готовности  $K_{ГО}$  как функции периода обслуживания  $T_{об}$  с учётом значения знаменателя выражения (1). Использование дифференцирования и затем решения соответствующего уравнения для вычисления оптимальных значений  $K_{ГО}$  и  $T_{об}$  в данном случае является достаточно сложной с математической и вычислительной точек зрения задачей. В связи с этим было предложено использовать обычный просчет в соответствии с выражениями (1) и (3).

В ходе разработки метода повышения экономической эффективности эксплуатационных и ремонтных служб нефтехимического предприятия за счёт определения рациональной полноты контроля и сроков технического обслуживания оборудования при переменном объёме проверок исходная экономико-математическая полумарковская модель (в которой объём проверок был постоянным) осталась неизменной. Но, в предположении, что отказы, выявляемые каждой проверкой, являются независимыми (это, как правило, вполне согласуется с практикой применения химико-технологического оборудования) оптимизационная задача определения оптимальных периодов и соответствующих им объёмов проверок превращается в многомерную. Причем размерность такой задачи, даже если в качестве переменной рассматривать только

периоды технического обслуживания и ремонта, является неизвестной. В связи с этим, для сокращения размерности задачи была предложена процедура, основанная на составлении экономико-параметрической схемы химико-технологической системы. Основное отличие названной схемы от традиционной заключается в том, что в ней элементами схемы являются не сами элементы исследуемого оборудования, как обычно при составлении схемы надежности любого изделия, а технические и экономические параметры этих элементов. Сокращение размерности указанной оптимизационной задачи достигалось за счет введения вектора коэффициентов  $Z$ , устанавливающего соотношения между периодами технического обслуживания и ремонта различных видов

$$Z = (Z_1, Z_2, \dots, Z_i, \dots, Z_N), \quad (4)$$

где  $Z_1 = T_2/T_1$ ;  $Z_2 = T_3/T_2$ ; ...;  $Z_i = T_{i+1}/T_i$ ; ...;  $Z_N = T_9/T_N$ .

Здесь  $T_i$  – период технического обслуживания или ремонта  $i$ -того вида;  $N$  – количество видов обслуживания и ремонта, отличающихся периодом и объёмом;  $T_9$  – продолжительность эксплуатации оборудования. Эти коэффициенты задавали соотношение между периодами обслуживания и ремонта оборудования таким образом, что эти периоды являлись кратными между собой. Это ограничение вполне согласуется с практикой проведения обслуживания химико-технологического оборудования.

Формирование перечня проверок очередного технического обслуживания системы и ремонтных мероприятий осуществляется выбором такой совокупности технических параметров, при которой обеспечивается наибольшее значение выражения (1).

При построении организационной структуры управления ремонтной службой нефтехимического предприятия необходимо учитывать рассчитанные при помощи модели межремонтные сроки службы всей совокупности технологического оборудования, входящего в состав сложной химико-технологической системы. Это позволит оптимизировать численность персонала, осуществляющего работы по эксплуатации и ремонту оборудования, и наилучшим образом скоординировать его работу.

## Литература

1. Фатхутдинов Р.А. Конкурентоспособность организации в условиях кризиса: экономика, маркетинг, менеджмент. – М.: Издательско-книготорговый центр «Маркетинг», 2002.
2. Промышленность России. 2002: Стат. сб./Госкомстат России. – М., 2002.
3. Мищенко В.И. Комплексное обоснование требований к основным параметрам системы эксплуатации радиоэлектронных систем. - Смоленск: ВУ ВПВО ВС РФ, 1999.
4. Мищенко В.И. Определение периодичности проверок сложных технических систем при ограниченной информации об их надежности // Метрология, 1999. - №12
5. Мищенко В.И. Особенности моделирования взаимодействия сложных технических систем вооружения с системой их эксплуатации // Измерительная техника, 1999. - №10. - с. 14 - 16.