

А. В. РАДКЕВИЧ, С. О. ЯКОВЛЕВ, И. Е. КРАМАР (ДИИТ)

ВЕРОЯТНОСТНЫЕ МЕТОДЫ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ УПРАВЛЕНИЯ ПАРКОМ ДОРОЖНО-СТРОИТЕЛЬНЫХ МАШИН

Проведений анализ існуючих методів управління парками будівельних машин, відмічено, що всі вони мають свої переваги і недоліки. Тому в реальній системі управління слід застосовувати не який-небудь один з них, а декілька, об'єднаних в систему.

Проведен анализ существующих методов управления парками строительных машин, отмечено, что все они имеют свои преимущества и недостатки. Поэтому в реальной системе управления следует применять не какой-либо один из них, а несколько, объединённых в систему.

The analysis of existing methods of management by the parks of building machines is conducted, it is marked that all of them have their advantages and demerits. Therefore in the real management system it is necessary to apply not someone of them but a few incorporated into the system.

Справедливая критика детерминированного подхода к решению задач управления парком строительных машин обусловила использование во многих работах применения вероятностных методов их решения. Наиболее часто для этих целей используется теория массового обслуживания.

В работах [1 и др.] процесс функционирования строительных машин и их комплектов представлен моделью разомкнутой системы массового обслуживания. Авторами принято, что поток моментов времени поступления заявок на выполнение работ является пуассоновским, а длительность их обслуживания (время выполнения работ) подчиняется показательному закону. Используя аналитические методы теории массового обслуживания, в работах предлагаются формулы для определения количества машин и показателей их функционирования.

В книгах [2] рассматривается методика определения оптимального количества самосвалов, работающих в комплексе с экскаватором с использованием модели замкнутой системы массового обслуживания.

Подход, основанный на решении основных задач управления парком строительных машин с использованием методов теории массового обслуживания, имеет ряд важных особенностей. Во-первых, задача формирования парка строительных машин решается на основании решения задачи управления существующим парком. Такая последовательность, в отличие от ранее рассмотренной при использовании метода линейного программирования, учитывает качество управления парком при его формировании. Во-вторых, в задаче управления существующим парком учитывается алгоритм приня-

тия решения о выборе очередной работы и машины для её выполнения в виде дисциплины обслуживания. Следовательно, в определенной мере рассматривается и задача управления имеющимися в наличии машинами в реальном времени.

Следует отметить, что аналитическое решение задач теории массового обслуживания возможно лишь в простейших случаях, например, при пуассоновском входном потоке и отсутствии требований с приоритетами [3]. Поэтому для их решения в основном используется метод статистического моделирования. Последовательность работ с использованием метода статистического моделирования характерна тем, что авторы учитывают в математической модели все большее количество факторов, присущих реальному объекту. Однако, обзорность модели при этом ухудшается, её сложность увеличивается.

В работе [4], используя теорию массового обслуживания, даётся решение задачи оптимизации машинных парков строительных организаций. В отличие от [1], длительность обслуживания объектов машинами задается в виде функции распределения

$$F(x) = P(t_{\text{обс}} \leq X), \quad (1)$$

где $t_{\text{обс}}$ – время обслуживания.

Учитываются также планово-предупредительные ремонты, длительность которых характеризуется функцией распределения

$$F(y) = P(t_{\text{рем}} \leq Y), \quad (2)$$

где $t_{\text{рем}}$ – время ремонта.

Следует отметить, в этой модели рассматривается один типоразмер машин, в то время

как в состав машинных парков строительных организаций входит несколько типоразмеров.

И. А. Луйк рассматривает модели обслуживания парка строительных машин передвижными и стационарными мастерскими заводами. Задачи определения оптимальных вариантов обслуживания решаются также с помощью метода статистического моделирования. При этом учитывается весьма важная особенность строительства, заключающаяся в рассредоточенности предметов и орудий труда на обслуживаемой территории.

Различные аспекты использования моделей теории массового обслуживания и имитационных методов их исследования для оптимизации управления парком строительных машин рассматриваются также в работах [5 и др.]. Применение методов теории оптимального управления, основанных на вариационных принципах, принципе максимума и др., для решения сложных задач теории массового обслуживания ограничено или попросту невозможно [3]. Поэтому для нахождения оптимального решения в указанных работах чаще всего используются поисковые методы, связанные, в большинстве своём, со значительными затратами машинного времени ЭВМ.

Учитывая данную особенность оптимизации систем на базе их статистических моделей, В. Шэфер в своей диссертационной работе предлагает процедуру оптимизации проводить в два этапа. Сначала оптимальный состав комплекта машин находится с помощью детерминированных методов с минимальными затратами машинного времени. Затем, используя метод статистического моделирования, производится уточнение решения с учетом вероятностных факторов. Так как в результате применения детерминированного подхода находится решение, близкое к оптимальному, при его уточнении путём статистического моделирования затраты машинного времени снижаются.

К сожалению, повышенные затраты машинного времени не являются единственным недостатком метода статистического моделирования. Имитационная система представляет собой машинный аналог сложной реальной системы. По существу, она позволяет заменить эксперимент с реальным процессом экспериментом с математической моделью этого процесса. Сложность математической модели приводит к тому, что её обозримость ухудшается, затрудняется понимание происходящих в ней явлений и процессов. Поэтому в настоящее время разрабатываются методики и машинные программы решения задач управления парком строительных машин с использованием весьма

простых математических выражений, подобных выражениям (1) и (2). Нельзя утверждать, что эти выражения не учитывают вероятностных факторов. Весьма часто они используются в виде прогнозирующих формул согласно методу экстраполяции.

Так, например, для расчета потребности в строительных машинах j -го типа на один млн грн строительного-монтажных работ i -го вида на планируемый год в методических указаниях используется выражение

$$H_j^{пл} = H_j^{\circ} \frac{K_{fj} K_{wi}}{K_{bj}}, \quad (3)$$

где H_j° – среднегодовое наличие машин на 1 млн грн строительного-монтажных работ в отчетном году; K_{fj} , K_{wi} , K_{bj} – коэффициенты, имеющие смысл коэффициентов $K_{сп}$, $K_{об}$ и $K_{гб}$, приведенные к одному млн грн объема строительного-монтажных работ.

Формула (3) имеет вполне ясный физический смысл. Если в отчетном году программа работ была выполнена при среднегодовом наличии машин H_j° , причем, в реальной системе имели место и случайные возмущения, то, учитывая изменения в программе работ и производительности, отражаемые коэффициентами K_{fj} , K_{wi} , K_{bj} , следует ожидать, что в планируемом году потребуется $H_j^{пл}$ j -го типа машин на 1 млн грн строительного-монтажных работ.

В этой же работе при отсутствии необходимой информации распределение общей поставки по типоразмерам рекомендуется производить пропорционально соответствующим показателям за предшествующий год

$$Y_k = \frac{N_k^{пост.г}}{N_j^{пост.г}}, \quad (4)$$

где $N_k^{пост.г}$ – поставка машин данного типоразмера в предшествующем году; $N_j^{пост.г}$ – общая поставка в предшествующем году.

То есть вероятностное суждение о будущем производится с помощью метода экстраполяции, который предполагает, что зафиксированная в прошлом тенденция сохранится и в будущем. Естественно, при прогнозировании на пять и более лет необходимо использовать более сложные нелинейные методы. Причём, согласно методу экстраполяции, отрезок времени, на котором определяются тенденции процесса, должен быть не меньше, чем отрезок прогнозирования.

Для расчета потребности в машинах по укрупненным показателям на 1 млн грн строительного-монтажных работ при перспективном планировании используют интерполяционный

полином Лагранжа. При этом количество машин данной марки m_x , необходимое на 1 млн грн сметной стоимости строительно-монтажных работ, выполненных в t_x году, определяется следующим образом

$$m_x = \frac{(t_x - t_2)(t_x - t_3) \dots (t_x - t_n)}{(t_1 - t_2)(t_1 - t_3) \dots (t_1 - t_n)} m_1 + \\ + \frac{(t_x - t_1)(t_x - t_3) \dots (t_x - t_n)}{(t_2 - t_1)(t_2 - t_3) \dots (t_2 - t_n)} m_2 + \dots + \\ + \frac{(t_x - t_1)(t_x - t_3) \dots (t_x - t_{n-1})}{(t_n - t_1)(t_n - t_2) \dots (t_n - t_{n-1})} m_n, \quad (5)$$

где t_1, t_2, \dots, t_n – первый, второй и n -й год в последнем ряде лет рассматриваемого периода. Значения этих величин соответственно равны $1, 2, \dots, n$; t_x – год, для которого определяется потребность в машинах данной марки; m_1, m_2, \dots, m_n – количество машин данной марки на 1 млн грн сметной стоимости строительно-монтажных работ, необходимое для выполнения планируемых работ соответственно в году t_1, t_2, \dots, t_n .

Характерной особенностью этой работы является то, что для прогнозирования здесь используется не упрощенная формула, полученная из физических рассуждений, а весьма общее математическое выражение, с помощью которого производится аппроксимация процесса изменения прогнозируемого параметра.

Таким образом, применение методов прогнозирования, в отличие от методов решения задач управления парком с помощью статистического моделирования, базируется не на подробном изучении элементов системы и связей между ними, а на изучении тенденций изменения исследуемых параметров в прошлом и вероятностном суждении об их значениях в будущем. Так как применение этих методов не требует подробного прослеживания связей между элементами системы, они обладают хорошей наглядностью и обзорностью. Однако, эти методы могут сохранять и плохие тенденции, имевшие место в прошлом, так как не предполагают детального исследования объекта. Если в прошлом парк не имел оптимальную структуру, то эта структура будет сохранена и в будущем.

В литературе имеются сведения [7 и др.] о применении теории игр для решения задачи оптимального состава парка строительных машин. Процесс функционирования парка рассматривается как матричная игра двух «противников»: один из них – руководство строительной организации, второй – «природа».

Объемы работ предполагаются неизвестными. Известны только их типы. Руководству организацией необходимо выбрать такую стратегию формирования парка, при которой прирост его производительности был бы максимален. Задача решается с использованием методов линейного программирования.

Решение реальных производственных задач с помощью теории игр связано с необходимостью сбора и анализа большого количества статистических материалов. Кроме того, объемы работ на планируемый отрезок времени в реальной системе также планируются. Поэтому теория игр в настоящее время при управлении парками строительных машин не получила широкого распространения.

Таким образом, подводя итог проведенному анализу существующих методов управления парками строительных машин, можно отметить, что все они имеют свои преимущества и недостатки. Поэтому в реальной системе управления следует применять не какой-либо один из них, а несколько, объединенных в систему.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Гусаков А. А. Применение теории массового обслуживания для расчета потребности в комплектах строительных машин / А. А. Гусаков, С. Ш. Розенбойм, В. Г. Майер // Вычислительная и организационная техника в строительстве и проектировании. – Вып. 1-1. – М., 1967. – С. 8-14.
2. Молоканов Н. М. Использование математических методов в анализе строительных процессов / Н. М. Молоканов, Г. Ф. Новожилов, В. А. Рогонский. – Л.: Стройиздат, 1971. – 105 с.
3. Глушков В. М. Введение в АСУ, 2-е изд. – К.: Техника, 1974. – 319 с.
4. Гусаков А. А. К вопросу количественной оптимизации машин парков строительных организаций / А. А. Гусаков, С. Ш. Розенбойм, В. Г. Майер // Строительное производство: Межвед. респ. науч. сб. – Вып. 9. – К., 1969. – С. 9-16.
5. Домбровский Н. Г. Определение оптимальных параметров машин методом статистических испытаний / Н. Г. Домбровский, Е. М. Кудрявцев, В. Г. Яковенко // Энергетическое строительство, 1973. – № 6. – С. 17-20.
6. Нейлор Т. Машинные имитационные эксперименты с моделями экономических систем. – М.: Мир, 1975. – 500 с.
7. Жинкин Н. Г. Применение математических методов и планирование железнодорожного строительства / Н. Г. Жинкин, В. В. Бабич. – М.: Транспорт, 1973. – 168 с.

Поступила в редколлегию 22.05.2008.