

К вопросу повышения эффективности эксплуатации транспортно-технологических машин

В статье рассматриваются вопросы повышения производительного времени использования машин по их эксплуатационному назначению на основе анализа графа и матрицы перехода конечного числа состояний техники и оценки эффективности эксплуатации транспортно-технологических комплексов – комплексной характеристики, учитывающей степень использования техники по времени, техническое состояние и финансовые затраты на поддержание ее работоспособности.

Ключевые слова: *производственная и техническая эксплуатации машин, состояние машин.*

Эффективность эксплуатации транспортных и транспортно-технологических машин в значительной степени определяется уровнем организации производства на предприятиях, имеющих парки таких машин, их конкурентоспособностью и устойчивостью к влиянию факторов внешней среды [1, 2]. При этом систему эксплуатации транспортно-технологических машин следует рассматривать как сложную динамическую совокупность организационных и технологических процессов, характеризуемых многочисленными стохастическими параметрами [3–5]. В связи с этим пути повышения экономической эффективности эксплуатации техники в настоящее время должны базироваться на современных концепциях управления бизнесом и математических методах, реализуемых на основе информационных технологий.

В процессе эксплуатации, производственной (ПЭ) и технической (ТЭ), транспортно-технологические комплексы (ТТК) могут быть в различных состояниях: находиться на объектах работ, в процессе выполнения плановых технических воздействий, в состоянии внезапного отказа и т.д. [6, 7]. Под состоянием любого объекта понимается ситуация его жизненного цикла, в которой объект осуществляет определенную деятельность или ожидает какого-то события. При этом состояние использования машин на объектах работ в производственной эксплуатации является целевым.

Время нахождения техники в других состояниях, включая время технического обслуживания (ТО), планового или внепланового ремонта (Р), перебазировки к следующему объекту работ либо к месту постоянной дислокации, сокращает производительное время

машин и приводит к дополнительным издержкам и сокращению прибыли предприятия. Каждая единица техники, имеющая свое эксплуатационное назначение, выполняет определенный объем работ в расчетный период времени, и чем больший объем работ она выполняет, тем эффективнее ее эксплуатация.

Под эффективностью эксплуатации ТТК $\mathcal{E}_{ТТК}$ можно понимать комплексную характеристику, показывающую изменение экономического результата процесса эксплуатации машин в зависимости от уровней организации технической эксплуатации $\mathcal{E}_{ТЭ}$ и производственной эксплуатации $\mathcal{E}_{ПЭ}$, включая производственную логистику по обеспечению необходимыми производственными запасами:

$$\mathcal{E}_{ТТК} = f(\mathcal{E}_{ТЭ}, \mathcal{E}_{ПЭ}). \quad (1)$$

Показатель $\mathcal{E}_{ТЭ}$ также представляет собой систему параметров, характеризующих степень использования машин по времени, их фактическое техническое состояние и финансовые затраты на поддержание их работоспособности:

$$\mathcal{E}_{ТЭ} = f(\bar{T}_0, P(t), K_r, K_n, C_{уд}). \quad (2)$$

Комплексная характеристика $\mathcal{E}_{ТЭ}$ представляет собой функцию зависимости от параметров, таких как:

- средняя наработка на отказ

$$\bar{T}_0 = \frac{\sum \bar{T}_{0i}}{w}, \quad (3)$$

где $\bar{T}_{0i}$ – средняя наработка на отказ за время t i -й единицы техники; w – общее число отказов машины за рассматриваемый период;

- вероятность безотказной работы парка машин или отдельной единицы техники

$$P(t) = \frac{N - N_0}{N}, \quad (4)$$

где N – количество элементов в системе; N_0 – количество элементов, отказавших за время t ;

- коэффициент технической готовности машин (вероятность того, что машина находится в работоспособном состоянии в любой момент времени)

$$K_r = \frac{T_0}{T_0 + T_b}, \quad (5)$$

где T_b – общее оперативное время ремонта всех N объектов за время t ;

- коэффициент простоя машин за учетный период (вероятность того, что в назначенный момент времени объект будет в состоянии ожидания ремонта или в ремонте)

$$K_{\Pi} = 1 - K_r; \quad (6)$$

- удельные материальные затраты на техническое обслуживание и ремонт техники

$$C_{уд} = \frac{\sum_{i=1}^N C_i}{H}, \quad (7)$$

где C_i – материальные затраты на техническое обслуживание и ремонт i -го элемента за период t ; H – наработка техники за рассматриваемый период t .

В силу стохастичности факторов внешней среды показатель $\mathcal{E}_{ПЭ}$ также зависит от ряда параметров, в том числе от параметров, характеризующих степень использования техники не только по времени, но и по ее производительности:

$$\mathcal{E}_{ПЭ} = f(P_T, H_0, T_k, K_{см}, T_{пер}, C_{ГСМ}), \quad (8)$$

где P_T – техническая производительность машины, ед./ч; H_0 – наработка машины с начала эксплуатации, мото-часы; T_k – производительное время техники в течение рассматриваемого календарного периода, ч; $K_{см}$ – коэффициент сменности работы техники; $T_{пер}$ – время нахождения машины в перебазировках, ч; $C_{ГСМ}$ – затраты на приобретение горюче-смазочных материалов для рассматриваемого технического объекта в течение расчетного периода, р.

Величина $\mathcal{E}_{ПЭ}$ в значительной степени подвержена воздействию внешних факторов, таких как конъюнктура рынка услуг парков транспортных и транспортно-технологических машин, зачастую обуславливающая вос-

требованность ТТК; уровень действующих цен на топливо, материалы; природно-климатические условия и так далее, т.е. факторов, от которых зависит вариативность эффективности эксплуатации ТТК [8].

В таких условиях эксплуатация ТТК невозможна без мониторинга и постоянного контроля всего процесса использования техники как совокупности переходов различных состояний машин.

В связи с этим принятие управленческих решений по повышению эффективности эксплуатации парков машин должно быть направлено на снижение частоты переходов состояний или сокращение времени пребывания техники в любых состояниях, кроме целевого. Для реализации такого системного подхода необходимо использование технических средств для мониторинга и обоснования наиболее целесообразных управленческих решений. В современных условиях отсутствие таких средств контроля за сокращением времени нахождения ТТК в нецелевом состоянии или их неэффективное использование приводят к возникновению аварийных ситуаций на производстве, увеличению времени устранения отказов по организационным причинам, а следовательно к дополнительным затратам и низкой эффективности эксплуатации ТТК.

В целом все состояния парков машин или отдельных единиц техники можно представить в виде структурной схемы, показанной на рис. 1. Группа состояний $S1$ включает в себя состояния рабочей готовности машин ($\PiЭ$ – производственная эксплуатация по назначению, целевое состояние для ТТК; $Pз$ – нахождение машин в резерве; $Pз$ – простои из-за отсутствия заказов; $Pм$ – простои по метеоусловиям).

Данные состояния группы $S1$ характеризуют степень готовности парка техники к производственной деятельности по назначению.

Группа состояний $S2$ включает в себя группу $S1$ и группу дополнительных состояний ТТК: O – время ожидания выявления плановых ТО и Р; T – время выполнения плановых ТО или Р; $Pо$ – простои в ТО и Р по организационным причинам (отсутствие запчастей и др.). Простои техники в состояниях ожидания начала ТО и Р могут быть вызваны

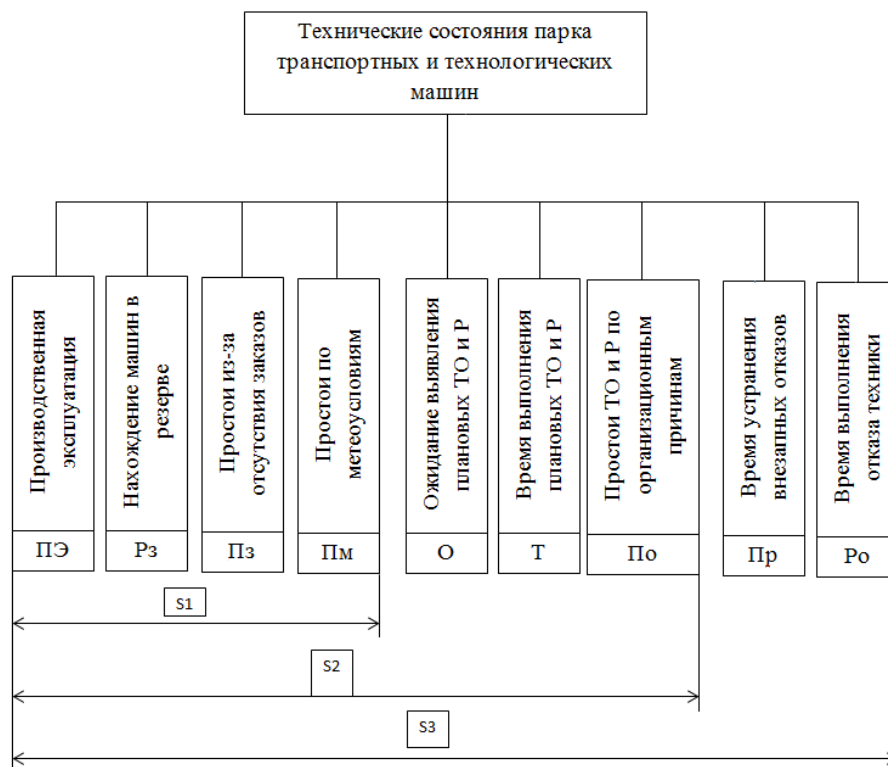


Рис. 1. Структурная схема состояний ТТК в процессе эксплуатации

различными причинами, в том числе занятостью ремонтных бригад.

Состояния ТТК группы S_2 характеризуют производственную деятельность ТТК в целом, а техника, находящаяся в состояниях S_2 , составляет действующий парк техники на предприятиях.

Группа S_3 включает состояния ТТК S_1 и S_2 , а также состояния техники, вызванные возникновением внезапных отказов (Пр – время ожидания выполнения ремонта вследствие внезапного отказа техники; Ро – время устранения причин внезапного отказа). Время нахождения машин в состояниях S_3 в целом характеризует степень оптимальности принятой системы и уровня организации технической эксплуатации ТТК.

Таким образом, каждый объект ТТК находится в любой i -й момент времени в каком-нибудь состоянии, которому соответствует определенная совокупность внешних и внутренних факторов. Совокупность возможных состояний техники может быть проиллюстрирована с помощью ориентированного (размеченного) графа, в котором число узлов равно числу конечных состояний машины, а число ребер – всей совокупности возможных переходов из одного состояния в другое [9, 10].

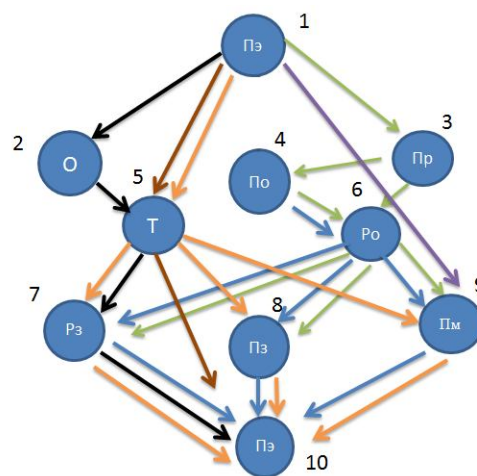


Рис. 2. Граф состояний ТТК и их переходов в процессе эксплуатации

Размеченный граф возможных состояний ТТК при принятом конечном числе состояний, равном десяти (рис. 2), показывает, что работа машин на объектах транспортного строительства (целевые состояния 1 и 10) может быть прервана необходимостью выполнения плановых ремонтно-профилактических воздействий (состояние 5), возникновением внезапного отказа (состояния 3 и 6), ожиданием ТО и Р по различным причинам (состояния 2 и 4), отправкой машины в резерв (состояние 7), отсутствием заказов (со-

стояние 8), сложными метеоусловиями (состояние 9) [2].

Время нахождения машины в одном из состояний T_{ci} , где i – порядковый номер одного из рассматриваемых состояний, может быть случайной величиной или величиной, определяемой каким-либо параметром, например производительностью машины. Поскольку можно принять, что переход из одного состояния в другое может осуществляться мгновенно, т.е. $T_{ci-j} = 0$, где j – порядковый номер следующего состояния, то на основании графа состояний можно составить матрицу перехода и диаграмму состояний ТТК (1–10), показанную на рис. 3.

Как следует из анализа рис. 2 и 3, общее количество переходов состояний ТТК на некоторый планируемый период определяется в первую очередь числом состояний, последующих от исходного целевого (состояния 1). Для рассматриваемого конечного числа состояний с учетом проведения ТО и Р наиболее оптимальной является следующая последовательность переходов: $1 \rightarrow 5 \rightarrow 10$ (два перехода). Все остальные последовательности насчитывают большее количество переходов, а следовательно заведомо сокращают производительное время ТТК, что будет приводить к уменьшению выполненного объема работ и уровня доходов организаций.

Из диаграммы состояний (см. рис. 3) видно, что увеличение количества переходов со-

стояний в большинстве случаев обусловлено организационными причинами – ожиданием выполнения ТО и Р в силу занятости ремонтных бригад, отсутствия комплектующих узлов, запасных частей и ремонтных материалов для выполнения как плановых технических воздействий, так и внеплановых ремонтов, вызванных отказом техники. Отсюда следует, что наименьшие потери рабочего времени имеют место при хорошей организации технической эксплуатации ТТК и при снижении вероятности возникновения внезапных отказов техники.

В качестве состояний ТТК, способствующих увеличению числа переходов в процессе производственной эксплуатации, в данном рассмотрении были приняты отсутствие заказов на производственные услуги ТТК и возможные простои по метеоусловиям. При более подробном анализе к рассмотрению могут быть приняты и другие состояния.

Из приведенного выше анализа следует, что важнейшими направлениями повышения эффективности эксплуатации ТТК являются повышение работоспособности техники и совершенствование организации производственной и технической эксплуатации машин. Поэтому разработка и принятие управленческих решений по повышению эффективности эксплуатации техники при условии создания систем мониторинга технического состояния машин должны быть направлены на сниже-

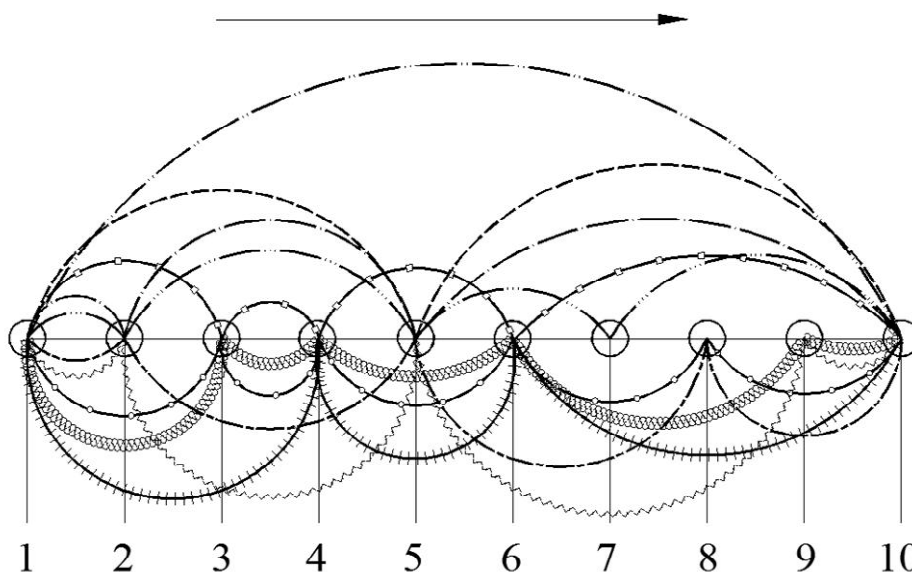


Рис. 3. Схема переходов состояний ТТК в процессе эксплуатации

ние частоты переходов состояний ТТК за счет технического диагностирования, в том числе дистанционного.

Кроме того, большое значение имеет совершенствование ведения и формализации первичной документации учета всех видов состояний техники, времени их сохранения и перехода в последующие состояния в режиме реального или псевдореального времени с использованием ЭВМ. Здесь же необходимо отражать сведения о наработке техники, причинах и времени простоя машин, расходе го-

рюче-смазочных материалов и т.д. Такой комплексный подход позволяет создать единую систему учета данных производственной и технической эксплуатации машин (времени фактического использования по целевому назначению и нахождения в других состояниях). Это дает возможность создания комплексной учетной карты каждого объекта ТТК для достаточно полного анализа, планирования и организации более эффективной эксплуатации транспортных и транспортно-технологических машин.

Библиографический список

1. Бланк Л.И. Влияние основных факторов на использование строительных машин. М.: Стройиздат, 1973. 156 с.
2. Манаков Л.Ф. Углублять изучение проблем управления техникой // Механизация строительства. 1984. № 10. С. 24–26.
3. Повышение эффективности использования дорожных машин / Под ред. А.П. Крившина. М.: Транспорт, 1980. 215 с.
4. Сорокин П.П. Оптимальное использование машин на земляных работах в дорожном строительстве. М.: Транспорт, 1973. 230 с.
5. Организация производства и менеджмент на ремонтно-эксплуатационных предприятиях транспортного строительства / Е.О. Юркова, Е.В. Самойлова, О.А. Шаламова, Г.Г. Ядрошников. Новосибирск: Изд-во СГУПС, 2010. 138 с.
6. Манаков Л.Ф., Моисеенко В.В., Червов В.Д. Исследование процессов функционирования машинных парков строительных организаций на основе имитационного моделирования. Новосибирск, 1996. 80 с.
7. Репин С.В. Методология совершенствования эксплуатации строительных машин на основе информационных технологий. URL: <http://www.dissercat.com> (дата обращения: 15.05.2015).
8. Станковский А.П., Барсов И.П. Строительные машины и их эксплуатация. URL: <http://betonotech.ru> (дата обращения: 15.05.2015).
9. Баловнев В.И. Методы физического моделирования рабочих процессов дорожно-строительных машин. М.: Машиностроение, 1974. 232 с.
10. Ланцов В.А. Прогнозирование эффективности механизации: методы и практика применения в строительстве. Л.: Стройиздат, 1982. 176 с.

E. Yurkova, E. Samoilova, O. Shalamova, G. Yadroshnikova

Increasing the efficiency of transport and technological machines

Abstract. The problems of increasing the productive time of operation of machinery on the basis of a graph analysis, and on the transition matrix of a finite number of the machinery states are discussed. Further, the evaluation of the operational efficiency of transport and technological systems, as a complex characteristic, taking into account the duration of machinery utilization is considered; and the technical condition and maintaining costs are regarded.

Key words: *production and technical maintenance of machinery; technical condition of machinery.*

Юркова Елена Олеговна – кандидат технических наук, доцент кафедры «Технология транспортного машиностроения и эксплуатация машин» СГУПС. E-mail: urk@stu.ru

Самойлова Елена Владимировна – кандидат экономических наук, доцент кафедры «Технология транспортного машиностроения и эксплуатация машин» СГУПС. E-mail: sev@stu.ru

Шаламова Оксана Александровна – кандидат технических наук, доцент кафедры «Технология транспортного машиностроения и эксплуатация машин» СГУПС. E-mail: oksana.sh73@mail.ru

Ядрошников Галина Григорьевна – кандидат технических наук, доцент кафедры «Технология транспортного машиностроения и эксплуатация машин» СГУПС. E-mail: ter@stu.ru