

А.П. Сатин, Ле Тхань Бинь, Ю.В. Прус (Россия, Вьетнам)
(Академия ГПС МЧС России; e-mail: info@academygps.ru)

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ГОТОВНОСТИ ПОЖАРНОЙ ТЕХНИКИ НА ОСНОВЕ МАРКОВСКОЙ МОДЕЛИ ПОЛОМОК И ВОССТАНОВЛЕНИЯ

Предлагается Марковская модель функционирования пожарной части с шестью пожарными автомобилями. Показаны возможности использования модели для совершенствования материально-технического обеспечения подразделений пожарной охраны.

Ключевые слова: пожарная техника, Марковская модель.

A.P. Satin, Le Thanh Bin, Yu.V. Prus (Russia, Vietnam)

FORECASTING OF READINESS OF FIRE EQUIPMENT BASED ON THE MARKOV MODEL BREAKDOWNS AND RECOVERY

Proposed of Markov model of functioning fire station with six firefighting cars. The possibilities of using the model for to improve logistical support of fire departments was shown.

Key words: fire equipment, Markov model.

Эффективность тушения пожаров в значительной степени зависит от уровня готовности пожарной техники, который обеспечивает система планово-предупредительного ремонта и межремонтного обслуживания техники [1, 2] (ежедневного технического обслуживания, технического обслуживания на пожаре, по возвращении с пожара, после первой тысячи километров пробега, технического обслуживания № 1, № 2, сезонного технического обслуживания).

В целях прогнозирования уровня готовности техники, а также оценки возможных затрат на обеспечение требуемого уровня готовности за счет передачи функций по обслуживанию и ремонту техники в аутсорсинг [3-4], специализированным организациям целесообразно разработать и внедрить автоматизированную систему поддержки принятия решений, основанную на применении математических моделей, позволяющих вырабатывать обоснованные и эффективные организационные и управленческие решения по данному вопросу.

Общая модель, описывающая динамику изменений готовности пожарной техники отдельного подразделения, может быть построена на основе рассмотрения переходов между различными состояниями моделируемой системы, например, из состояний исправности в состояния поломок и обратно.

Основные требования к предлагаемой математической модели функционирования системы и подходы к её построению могут быть сформулированы следующим образом:

1. При моделировании процесса функционирования системы необходимо рассматривать её возможные состояния, которые различаются между собой по степени готовности пожарной техники.

2. В процессе функционирования система совершает прямые и обратные переходы между состояниями.

Прямые переходы связаны с возникновением неисправностей пожарных автомобилей в процессе эксплуатации. Для количественного описания переходов необходимо определить для каждого пожарного автомобиля интенсивность связанного с возникновением неисправностей потока событий, которая может зависеть от различных эксплуатационных факторов (типа автомобиля, пробега, дорожных и климатических условий и т.п.).

Обратные переходы связаны с устранением неисправностей в процессе ремонта. При этом выполняется определенный алгоритм расстановки приоритетов очередности обслуживания или ремонта пожарной техники ограниченным количеством ремонтных бригад, влияющих на интенсивность потока восстановления для каждого пожарного автомобиля в заданном состоянии системы.

3. Предполагается, что отдельные возможные состояния системы можно заранее перечислить, а переходы между состояниями происходят мгновенно, то есть рассматривается случайный процесс с дискретными состояниями. Моменты возможных переходов системы из одного состояния в другое не фиксированы заранее, а являются случайными. Таким образом, необходимо моделировать динамику изменения готовности пожарной техники отдельного подразделения в виде случайного процесса с дискретными состояниями и непрерывным временем.

Анализ функционирования системы существенно упрощается, когда рассматриваемый процесс является марковским.

Такие процессы являются случайными без последствий, когда для любого момента времени вероятностные характеристики процесса в будущем зависят только от его состояния в данный момент и не зависят от того, как и когда система оказалась в этом состоянии. В подавляющем большинстве случаев вероятность той или иной степени готовности пожарной техники отдельного подразделения в ближайшем будущем зависит от степени готовности в настоящий момент времени и не зависит от того, какова была степень готовности в прошлом. Поэтому при моделировании функционирования системы предысторией рассматриваемых процессов, вызываемых поломками и ремонтом техники, можно пренебречь и применять для их исследования марковские модели.

Определение дискретных состояний моделируемой системы необходимо проводить, основываясь на некоторых, позволяющих различать их между собой, критериях. В качестве критериев различия целесообразно выбрать результаты прямых и обратных процессов, отражающих реальные события, происходящие с элементами системы.

В описываемой системе прямые переходы связаны с возникновением неисправностей в процессе эксплуатации пожарных автомобилей (поломок), которые приводят к "выходу из строя". Обратные переходы обусловлены устранением неисправностей в процессе ремонта и технического обслуживания (восстановления) пожарных автомобилей и приводят к "возвращению в строй". Возможно упростить рассмотрение процессов функционирования системы, если пренебречь вероятностью одновременного выхода из строя и возвращения в строй двух и более элементов, то есть одновременной поломки и восстанов-

ления двух и более автомобилей. Тогда переход между двумя любыми двумя из возможных состояний системы может быть связан с процессами выхода из строя (поломки) и возвращения в строй (восстановления) только одного определенного автомобиля. Таким образом, приходим к выводу о том, что возможные дискретные состояния системы могут отличаться между собой только по текущему состоянию отдельных автомобилей.

Исходя из вышесказанного, возможные состояния моделируемой системы можно определить способами, различающимися по степени детализации результатов прямых и обратных переходов.

Первый способ предполагает различать элементарные состояния, представляющие собой все возможные упорядоченные наборы k элементов множества N (пожарных автомобилей), состоящего из n элементов, то есть представляет все размещения a_k^n из n элементов по k . Интерпретация данного способа заключается в том, что нас интересует не только то, какие автомобили неисправны (входят в набор k элементов из n элементов), но и последовательность их выхода из строя. В реальных условиях необходимость такого учёта может обуславливаться тем, что ремонтные бригады приступают к обслуживанию очередных вышедших из строя автомобилей, при поломке следующего автомобиля, даже имеющего более высокий приоритет обслуживания, не приступают к ремонту, так как не всегда целесообразно прерывать ремонт предыдущего автомобиля (например, на стадии его завершения). В этом случае число возможных состояний определяется числом возможных размещений из n элементов по k и может быть определено как:

$$A_n^k = A(a_k^n) = \frac{n!}{(n-k)!}.$$

Поскольку k могут принимать значения в диапазоне $0, 1, \dots, n$, общее число состояний разбивается на сумму этих групп размещений:

$$N_I = \sum_{k=0}^n A_n^k = \sum_{k=1}^n \frac{n!}{(n-k)!}.$$

Так, для $n = 6$ получим:

$$N_I = \frac{6!}{6!} + \frac{6!}{5!} + \frac{6!}{4!} + \frac{6!}{3!} + \frac{6!}{2!} + \frac{6!}{1!} + \frac{6!}{0!} = 1957 \text{ состояний.}$$

Группы состояний следующие.

С вышедшими из строя автомобилями:

полная готовность	$A_6^0 = 1;$
с одним неисправным пожарным автомобилем (ПА)	$A_6^1 = 6;$
с двумя неисправными ПА	$A_6^2 = 30;$
с тремя неисправными ПА	$A_6^3 = 120;$
с четырьмя неисправными ПА	$A_6^4 = 360;$
с пятью неисправными ПА	$A_6^5 = 720;$
с шестью неисправными ПА	$A_6^6 = 720.$

В большинстве случаев на практике такая подробная информация о состояниях не представляет интереса, и для решения управленческих задач необходимо рассматривать некоторые так называемые агрегированные состояния, которые также могут различаться по степени детализации.

Так, при исследовании уровня готовности пожарных автомобилей подразделения нас может интересовать вопрос о том, какие автомобили находятся в строю либо вышли из строя. В этом случае под агрегированным состоянием понимаем набор состояний, то есть сочетание определённых элементов $C_n^k = C(c_k^n)$, которое представляет собой неупорядоченное подмножество k элементов из n и включает все упорядоченные подмножества a_k^n . В одно агрегированное состояние входят $k!$ первичных элементарных состояний, то есть все подстановки из k выбранных элементов. В частности, при $k = 3$ агрегированное состояние A_{lmp} ($l < m < p$) включает шесть элементарных состояний:

$$A_{lmp} = \{A_{[lmp]}, A_{[lpm]}, A_{[mlp]}, A_{[mpl]}, A_{[plm]}, A_{[pml]}\}.$$

Например, состояние с тремя неисправными автомобилями под номерами $\{1, 2, 4\}$ включает шесть состояний, различающихся между собой очередностью выхода указанных автомобилей из строя:

$$A_{124} = \{A_{[124]}, A_{[142]}, A_{[214]}, A_{[241]}, A_{[412]}, A_{[421]}\}.$$

Тогда число возможных состояний системы представляет сумму

$$\sum_{k=0}^N C_n^k = \sum_{k=0}^n \frac{n!}{k!(n-k)!}.$$

Для $n = 6$ получаем:

$$\frac{6!}{0!6!} + \frac{6!}{1!5!} + \frac{6!}{2!4!} + \frac{6!}{3!3!} + \frac{6!}{4!2!} + \frac{6!}{5!1!} + \frac{6!}{6!0!} = 64$$

агрегированных состояний, разбиваемых на следующие группы состояний:

полная готовность	$C_6^0 = 1;$
с одним неисправным ПА	$C_6^1 = 6;$
с двумя неисправными ПА	$C_6^2 = 15;$
с тремя неисправными ПА	$C_6^3 = 20;$
с четырьмя неисправными ПА	$C_6^4 = 15;$
с пятью неисправными ПА	$C_6^5 = 6;$
с шестью неисправными ПА	$C_6^6 = 1.$

В некоторых случаях, например, когда автопарк состоит из однотипных автомобилей, готовность определяется числом исправных (либо неисправных) автомобилей. Такое более укрупнённое рассмотрение предполагает следующий

уровень агрегации состояний по группам C_n^k при $k = 0, 1, \dots, n$. Каждое из рассматриваемых укрупнённых состояний A_k с k неисправными автомобилями представляет собой группу из C_n^k агрегированных состояний, каждое из которых представляет группу из $k!$ первичных состояний.

Например, одно укрупненное состояние A_{III} с тремя неисправными пожарными автомобилями представляет собой группу, включающую в себя $C_6^3 = 20$ агрегированных состояний A_{lmn} , каждое из которых представляет набор соответствующих элементарных состояний:

$$A_{III} = \left\{ \begin{array}{cccccccccc} A_{123}, & A_{124}, & A_{125}, & A_{126}, & A_{134}, & A_{135}, & A_{136}, & A_{145}, & A_{146}, & A_{156}, \\ A_{234}, & A_{235}, & A_{236}, & A_{245}, & A_{246}, & A_{256}, & A_{345}, & A_{346}, & A_{356}, & A_{456} \end{array} \right\}.$$

Каждое из укрупненных состояний A_k включает в себя C_n^k агрегированных и A_n^k элементарных состояний. Для рассматриваемой системы каждое из семи укрупненных состояний включает соответствующее число агрегированных и элементарных состояний согласно следующей схеме:

полная готовность	$A_6^0 \rightarrow C_6^1 \rightarrow A_0;$
с одним неисправным ПА	$A_6^1 \rightarrow C_6^1 \rightarrow A_I;$
с двумя неисправными ПА	$A_6^2 \rightarrow C_6^2 \rightarrow A_{II};$
с тремя неисправными ПА	$A_6^3 \rightarrow C_6^3 \rightarrow A_{III};$
с четырьмя неисправными ПА	$A_6^4 \rightarrow C_6^4 \rightarrow A_{IV};$
с пятью неисправными ПА	$A_6^5 \rightarrow C_6^5 \rightarrow A_V;$
с шестью неисправными ПА	$A_6^6 \rightarrow C_6^6 \rightarrow A_{VI}.$

При анализе случайных процессов с дискретными состояниями и непрерывным временем удобно пользоваться геометрической схемой – графом состояний. При этом состояния системы обозначаются вершинами ориентированного графа, а возможные переходы между различными состояниями – соединяющими вершины дугами.

На рис. 1 представлен граф агрегированных состояний рассматриваемой системы "пожарно-спасательная часть с шестью пожарными автомобилями". Состояния сгруппированы по столбцам, представленным группами событий, соответствующих семи рассмотренным выше укрупненным состояниям системы.

Прямые переходы между смежными состояниями обусловлены потоками событий, связанных с возникновением неисправностей отдельных автомобилей, и количественно описываются интенсивностями потоков λ_i (поломок i -го ПА).

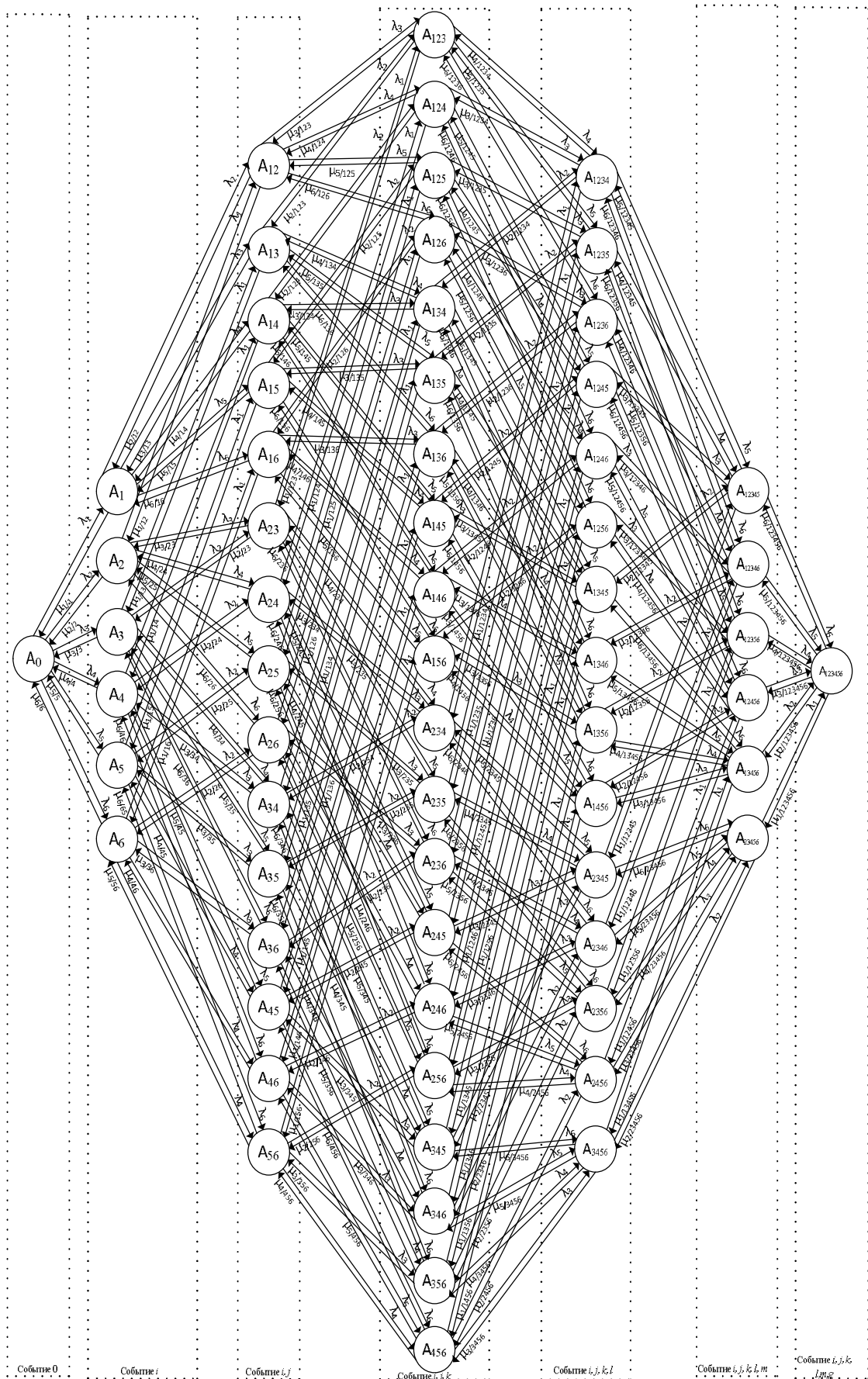


Рис. 1. Граф агрегированных состояний системы "пожарно-спасательная часть с шестью пожарными автомобилями"

Для каждого пожарного автомобиля интенсивность связанного с возникновением неисправностей потока событий λ_i представляет собой величину, которую можно определить на основе анализа статистических данных о поломках автомобиля. В реальной ситуации представляется целесообразным оценивать интенсивность потока поломок эмпирически обоснованной функцией

$$\lambda_i = f(R_i, T_i, L_i, W_i, C_i, K_i)$$

различных эксплуатационных факторов: типа автомобиля (R), срока его эксплуатации (T) и пробега (L), дорожных (W) и климатических условий (C) эксплуатации, уровня подготовки водителей (K).

Обратные переходы между смежными состояниями обусловлены потоками событий, связанных с устранением неисправностей в процессе ремонта и технического обслуживания. Количественно обратные переходы описываются интенсивностями потоков $\mu_{i/ij...}$ восстановления i -го ПА в случае наличия других вышедших из строя ПА с соответствующими номерами $\{j...\}$. Интенсивность потока восстановления для каждого пожарного автомобиля в определенном состоянии системы можно вычислить на основе задаваемого алгоритма расстановки приоритетов очередности обслуживания (ремонта) ограниченным количеством ремонтных бригад.

Предлагается распределять последовательность работ по обслуживанию и ремонту техники в соответствии со следующей структурой приоритетов:

- приоритет I – первоочередность ремонта пожарных автомобилей наименьшей трудоемкости, если не требуются дополнительные закупки запасных частей и агрегатов, либо запасные части для проведения обслуживания и ремонта не нужны;
- приоритет II – преимущество определяется наличием запасных частей и агрегатов на складе подразделения или производственно-технического центра, обеспечивающих минимальные сроки простоя техники в ожидании недостающих запасных частей и агрегатов;
- приоритет III – при наличии требуемых запасных частей и агрегатов и одинаковой трудоемкости ремонта или обслуживания ремонтируется пожарный автомобиль, стоящий в боевом расчёте, а не в резерве;
- приоритет IV – если сравниваемые пожарные автомобили стоят в боевом расчёте, то автомобиль, имеющий более поздний срок выпуска, имеет преимущество и больший ресурс до следующего ремонта;
- приоритет V – учитывается сезонность и дорожные условия; если в весеннюю распутицу требуют ремонта одинаковой трудоемкости пожарный автомобиль повышенной проходимости и автомобиль, у которой только одна ведущая ось, то ремонтируется сначала вездеход;
- приоритет VI – учитывается район выезда пожарной части: в безводных районах вначале ремонтируется пожарный автомобиль, перевозящий большее количество огнетушащих веществ и т.д.

Интенсивность потока событий, связанных с возникновением неисправностей пожарных автомобилей, может быть охарактеризована параметром λ , который зависит от причины и серьезности поломки автомобиля.

Предложенная структура приоритетов очередности восстановления вышедших из строя пожарных автомобилей позволяет создать методику определения интенсивности потоков событий, связанных с устранением неисправностей.

Блок-схема алгоритма определения приоритетов обслуживания и ремонта для пожарных автомобилей представлена на рис. 2.

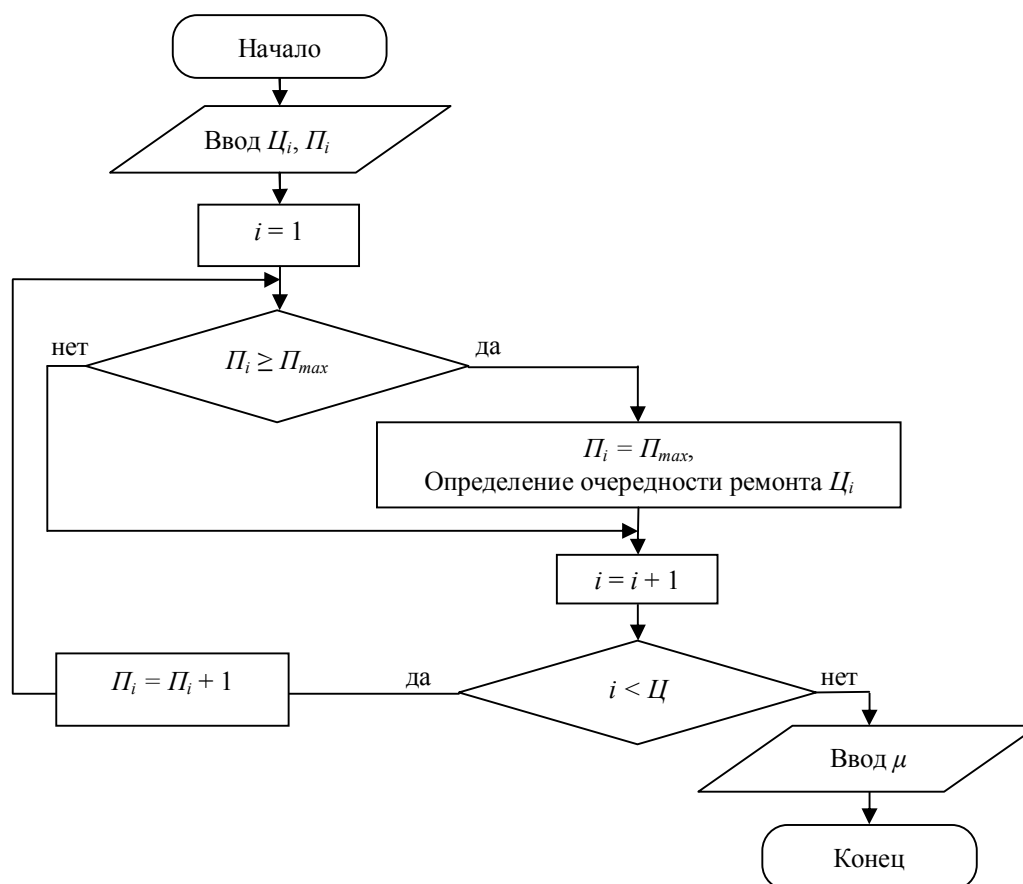


Рис. 2. Алгоритм выбора приоритета ремонта пожарных автомобилей

Параметр интенсивности потока восстановления μ характеризует производительность работы ремонтной бригады, является нормируемой величиной, значение которой определяется в соответствии с утвержденными ведомственными нормативами [2, 5].

Для удобства понимания алгоритма обозначим через P_i значения приоритета, при котором будет выполняться ремонт i -й единицы пожарной техники, то есть $P_i = 1$. C – общее количество техники, требующей ремонта.

С учётом предлагаемой методики, дадим описание работы алгоритма выбора приоритетов. Проверяется наличие в очереди на ремонт пожарных автомобилей, которые попарно сравниваются, каждому автомобилю выставляется

приоритет очередности обслуживания или ремонта. Если приоритет рассматриваемого автомобиля выше, то сравнивается пожарный автомобиль с максимальным приоритетом со следующим, требующим ремонта. После каждого попарного сравнения проверяется условие, что все пожарные автомобили, требующие обслуживания или ремонта, рассмотрены. Если данное условие не выполняется, рассматривается следующий автомобиль. Если рассмотрены все пожарные автомобили, то выбирается пожарный автомобиль с максимальным приоритетом, ему присваивается $\Pi = 1$ и выполняется ремонт с учётом требуемой производительности ремонтной бригады μ .

Предлагаемая методика определения приоритетов позволяет выразить интенсивность потока восстановления для каждого пожарного автомобиля в определенном состоянии системы:

$$\left\{ \begin{array}{l} \mu_{i/ij} = \mu_i \Pi_i^j; \\ \mu_{i/ijk} = \mu_i \Pi_i^{jk}; \\ \mu_{i/ijkl} = \mu_i \Pi_i^{jkl}; \\ \mu_{i/ijklm} = \mu_i \Pi_i^{jklm}; \\ \mu_{i/ijklmg} = \mu_i \Pi_i^{jklmg}, \end{array} \right.$$

при этом, например, под Π_i^{jkl} понимается приоритет ремонта i -го пожарного автомобиля перед j -м, k -м, l -м автомобилями.

Конкретное состояние, в котором находится система, представляется в виде вектора состояния, размерность которого равна числу возможных рассматриваемых дискретных состояний. Компоненты вектора состояния системы характеризуют вероятность её пребывания в каждом из дискретных состояний:

$$\vec{P} = (P_0, P_i, P_{ij}, P_{ijk}, P_{ijkl}, P_{ijklm}, P_{ijklmg}),$$

где компонента P_0 соответствует вероятности нахождения системы в состоянии полной готовности, когда все автомобили исправны. Компоненты $P_i, P_{ij}, P_{ijk}, P_{ijkl}, P_{ijklm}, P_{ijklmg}$ соответствуют вероятностям нахождения системы соответственно в состояниях с выходом из строя одного (i -го), двух (i -го и j -го), трёх (i -го, j -го и k -го), четырех (i -го, j -го, k -го и l -го), пяти (i -го, j -го, k -го, l -го и m -го) и шести (i -го, j -го, k -го, l -го, m -го и g -го) автомобилей.

Для исследования динамики изменения готовности пожарной техники отдельного подразделения необходимо представить текущее и начальное состояния рассматриваемой системы. Текущее состояние системы в заданный момент времени t :

$$\vec{P}(t) = (P_0(t), P_i(t), P_{ij}(t), P_{ijk}(t), P_{ijkl}(t), P_{ijklm}(t), P_{ijklmg}(t))$$

и начальное состояние ($t = 0$)

$$\vec{P}(0) = (P_0(0), P_i(0), P_{ij}(0), P_{ijk}(0), P_{ijkl}(0), P_{ijklm}(0), P_{ijklmg}(0)).$$

Исследование изменения вектора состояния системы $\vec{P}(t)$ проводится на основе решения системы дифференциальных уравнений Колмогорова при заданном начальном состоянии $\vec{P}(0)$. Обычно, для краткости, при записи уравнений не указывают явно функциональную зависимость отдельных компонентов от времени. Дифференциальные уравнения Колмогорова для системы "пожарно-спасательная часть с шестью пожарными автомобилями" выглядят следующим образом:

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{dP_0}{dt} = -P_0 \sum_{i=1}^6 \lambda_i + \sum_{i=1}^6 P_i \mu_i, \\ \frac{dP_i}{dt} = P_0 \lambda_i + \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^6 P_j \mu_{j/ij} - P_i (\mu_i + \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^6 \lambda_j), \\ \frac{dP_{ij}}{dt} = P_i \lambda_j + P_j \lambda_i + \sum_{\substack{k=1 \\ k \notin \{i,j\}}}^6 P_{ijk} \mu_{k/ijk} - P_{ij} (\mu_{i/ij} + \mu_{j/ij} + \sum_{\substack{k=1 \\ k \notin \{i,j\}}}^6 \lambda_k), \\ \frac{dP_{ijk}}{dt} = P_{ij} \lambda_k + P_{ik} \lambda_j + P_{jk} \lambda_i + \sum_{\substack{l=1 \\ l \notin \{i,j,k\}}}^6 P_{ijkl} \mu_{l/ijkl} - P_{ijk} (\mu_{i/ijk} + \mu_{j/ijk} + \mu_{k/ijk} + \sum_{\substack{l=1 \\ l \notin \{i,j,k\}}}^6 \lambda_l), \\ \frac{dP_{ijkl}}{dt} = P_{ijk} \lambda_l + P_{ijl} \lambda_k + P_{jkl} \lambda_i + P_{ikl} \lambda_j + \sum_{\substack{m=1 \\ m \notin \{i,j,k,l\}}}^6 P_{ijklm} \mu_{m/ijklm} - P_{ijkl} (\mu_{i/ijkl} + \mu_{j/ijkl} + \mu_{k/ijkl} + \mu_{l/ijkl} + \sum_{\substack{m=1 \\ m \notin \{i,j,k,l\}}}^6 \lambda_m), \\ \frac{dP_{ijklm}}{dt} = P_{jklm} \lambda_i + P_{iklm} \lambda_j + P_{ijlm} \lambda_k + P_{ijkm} \lambda_l + P_{ijkl} \lambda_m + \sum_{\substack{g=1 \\ g \notin \{i,j,k,l,m\}}}^6 P_{ijklmg} \mu_{g/ijklmg} \\ - P_{ijklm} (\mu_{i/ijklm} + \mu_{j/ijklm} + \mu_{k/ijklm} + \mu_{l/ijklm} + \mu_{m/ijklm} + \sum_{\substack{g=1 \\ g \notin \{i,j,k,l,m\}}}^6 \lambda_g), \\ \frac{dP_{ijklmg}}{dt} = P_{jklmg} \lambda_i + P_{iklmg} \lambda_j + P_{ijlmg} \lambda_k + P_{ijkmg} \lambda_l + P_{ijklg} \lambda_m + P_{ijklm} \lambda_g \\ - P_{ijklmg} (\mu_{i/ijklmg} + \mu_{j/ijklmg} + \mu_{k/ijklmg} + \mu_{l/ijklmg} + \mu_{m/ijklmg} + \mu_{g/ijklm} + \sum_{\substack{g=1 \\ g \notin \{i,j,k,l,m\}}}^6 \lambda_g), \\ P_0 + \sum_{i=1}^6 P_i + \sum_{i=1}^6 \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^6 P_{ij} + \sum_{i=1}^6 \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^6 \sum_{\substack{k=1 \\ k \neq \{i,j\}}}^6 P_{ijk} + \sum_{i=1}^6 \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^6 \sum_{\substack{k=1 \\ k \neq \{i,j\}}}^6 \sum_{\substack{l=1 \\ l \neq \{i,j,k\}}}^6 P_{ijkl} + \sum_{i=1}^6 \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^6 \sum_{\substack{k=1 \\ k \neq \{i,j\}}}^6 \sum_{\substack{l=1 \\ l \neq \{i,j,k\}}}^6 \sum_{\substack{m=1 \\ m \neq \{i,j,k,l\}}}^6 P_{ijklm} + P_{123456} = 1. \end{array} \right.$$

Последнее уравнение отражает достоверность нахождения рассматриваемой системы в каком-либо из возможных состояний.

Поскольку рассматриваемая система является эргодической, то в ряде случаев имеет смысл исследовать не только переходной, но также и стационарный режим, в котором компоненты вектора состояния стремятся к финальным (предельным) значениям вероятностей. В этом случае решается система алгебраических уравнений, которая получается из исходной системы дифференциальных уравнений Колмогорова (если приравнять производные к нулю, а вместо вероятностей, зависящих от времени, подставить соответствующие финальные вероятности).

Представленная марковская модель системы "пожарно-спасательная часть с шестью пожарными автомобилями" в сочетании с алгоритмом расстановки приоритетов обслуживания и ремонта техники пожарных подразделений в дальнейшем может применяться при разработке автоматизированных систем поддержки принятия решений, связанных с определением оптимальных алгоритмов очередности обслуживания и ремонта, требуемого количества ремонтных бригад, комплектации подразделений определенными марками и моделями пожарных автомобилей и других организационных и управленческих решений по совершенствованию материально-технического обеспечения подразделений пожарной охраны.

Литература

1. **Приказ** МВД от 24 января 1996 года № 34 "Об утверждении Наставления по технической службе Государственной противопожарной службы Министерства внутренних дел Российской Федерации".
2. **Режим** технического обслуживания пожарной техники (режим 06). ГУПО МОБ Вьетнама, 1993.
3. **Михайлов Д.В.** Аутсорсинг. Новая система организации бизнеса: учебное пособие. М.: КноРус, 2006.
4. **Аксенов Е., Альтшулер И.** Аутсорсинг: 10 заповедей и 21 инструмент. С-Пб: Питер, 2009. 464 с.
5. **Приказ** МВД от 25 сентября 1995 года № 366 "Об утверждении нормативов трудоёмкости технического обслуживания и ремонта пожарных автомобилей".

Статья опубликована 17 декабря 2012 г.