А.П. Сатин
(Академия ГПС МЧС России; alex35st@mail.ru)

МЕТОД ЗАМЕНЫ ПОЖАРНО-СПАСАТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ В СИСТЕМАХ УПРАВЛЕНИЯ МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКИМ ОБЕСПЕЧЕНИЕМ ПОЖАРНО-СПАСАТЕЛЬНЫХ ФОРМИРОВАНИЙ

Предлагается метод оптимизации эксплуатации пожарно-спасательной техники в пожарных частях с различной интенсивностью выездов. Метод позволяет продлить ресурс пожарно-спасательной техники.

Ключевые слова: оптимизация, сроки использования, пожарная часть, автоцистерна, интенсивность выездов.

A.P. Satin

METHOD OF REPLACEMENT OF FIRE-SAVING TECHNICS IN CONTROL SYSTEMS OF MATERIAL SUPPORT OF FIRE-SAVING FORMATIONS

The method of optimization of operation of fire-engine vehicles in fire brigades with various intensity of departures is offered. The method allows to prolong a resource of fire-engine vehicles.

Key words: optimization, use terms, fire brigade, tanker, intensity of departures.

Статья поступила в редакцию Интернет-журнала 29 апреля 2011 г.

В связи с тем, что через систему материально-технического обеспечения пожарно-спасательных формирований проходит основной поток ресурсов, обеспечивающий функционирование служб и подразделений МЧС России, особую значимость приобретает метод оптимизации эксплуатации пожарно-спасательной техники.

В основу предлагаемого метода, положена динамическая модель, в которой весь период эксплуатации пожарно-спасательной техники разбит на n шагов, общее время эксплуатации – t. Каждый шаг управленческого решения предлагается отмечать качественными признаками, например $N^{сохр}$ – сохранить технику, $N^{зам}$– заменить технику, $N^{перед}$ – передать технику в пожарную часть, где интенсивность использования ниже. Первые три года эксплуатации пожарно-спасательной техники предлагается не рассматривать для передачи, а считать, что данная операция изначально нецелесообразна и, с учётом [1], потребует дополнительной подготовки водительского состава. После трех лет эксплуатации автоцистерну (АЦ) можно передать в пожарно-спасательную часть с меньшими эксплуатационными затратами и интенсивностью выездов.

В качестве основного критерия замены или передачи АЦ приняты остаточная стоимость и общий пробег. Остаточная стоимость определяется [2, 3]:

$$C_{ост} = C_0^{баз} \cdot \left(1 - \frac{И_ф}{100}\right) = C_0^{баз} \cdot \left(1 - \frac{100 \cdot (1 - e^{-\Omega})}{100}\right) = C_0^{баз} \cdot e^{-\Omega} = C_0^{баз} \cdot e^{-(0{,}14 T_ф + 0{,}002 L_ф)},$$

где $L_ф$ – пробег с начала эксплуатации, *тыс. км*;

$T_ф$ – период эксплуатации, лет;

$C_0^{баз}$ – стоимость новой пожарно-спасательной техники, *тыс. руб.*

На примере пожарно-спасательной части субъекта РФ, где максимальная интенсивность использования АЦ составляет 275 выездов в год, а минимальная – 55, определена структура эксплуатационных затрат *Z*.

Эксплуатационные затраты, в зависимости от возраста пожарной автоцистерны, составляют:

$Z(t) = 60\cdot (t\text{-}1)$ при $t \leq 3$, $Z(3 < t \leq 6) = 250 + \sum_{i=5}^{6} 80(t_i - 4)$

или $Z(6 < t \leq 10) = 400 + \sum_{8}^{11} 100(t-7)$.

Эксплуатационные затраты при передаче пожарной автоцистерны $Z(село) = 250 + 24\cdot(t-4) + \sum_{4}^{11}\left(\frac{6\cdot(t-4)+6}{2}\cdot(t-4)\right)$.

Разработан графический способ определения остаточной стоимости пожарной автоцистерны в зависимости от среднегодового пробега (рис. 1).

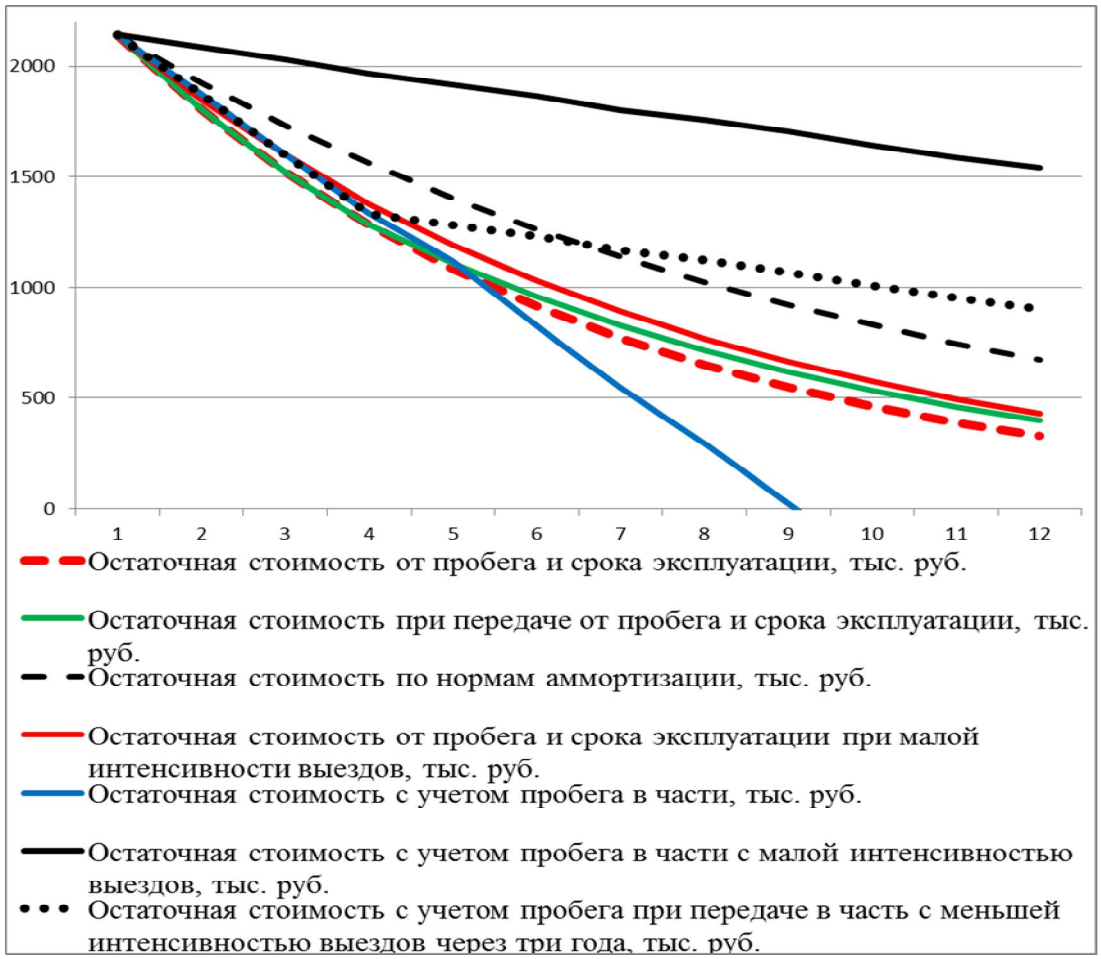

Рис. 1. Совмещенный график определения остаточной стоимости пожарной автоцистерны от срока эксплуатации

Предлагаемая методика предусматривает расчёт остаточной стоимости через 11 лет эксплуатации [1] по формуле 1. На графике (рис. 1) эта линия отмечена черным точечным пунктиром. Для обоснования сроков передачи АЦ предлагается совмещенный график зависимости изменения $C_{ост}$ и эксплуатационных затрат от срока её эксплуатации (рис. 2). Передача техники на 4-м году эксплуатации обеспечивает сохранение остаточной стоимости и ресурса пожарной автоцистерны до 10-го года эксплуатации.

Эксплуатационные затраты при этом (синяя пунктирная линия, рис. 2) сопоставимы с эксплуатационными затратами для ПСФ с минимальным количеством выездов (зеленая пунктирная линия).

Управленческие решения о замене техники предлагается осуществлять по годам её службы. Алгоритм замены пожарных автоцистерн показан на рис. 3.

При замене автомобиля на новый ($N_k = N^{зам}$) к началу k-го шага возраст автомобиля равен $t = 0$, и через год эксплуатации $t = 1$ или управленческое решение – $B_k = 1$. Предлагается ввести дополнительную переменную($N_k = N^{перед}$).

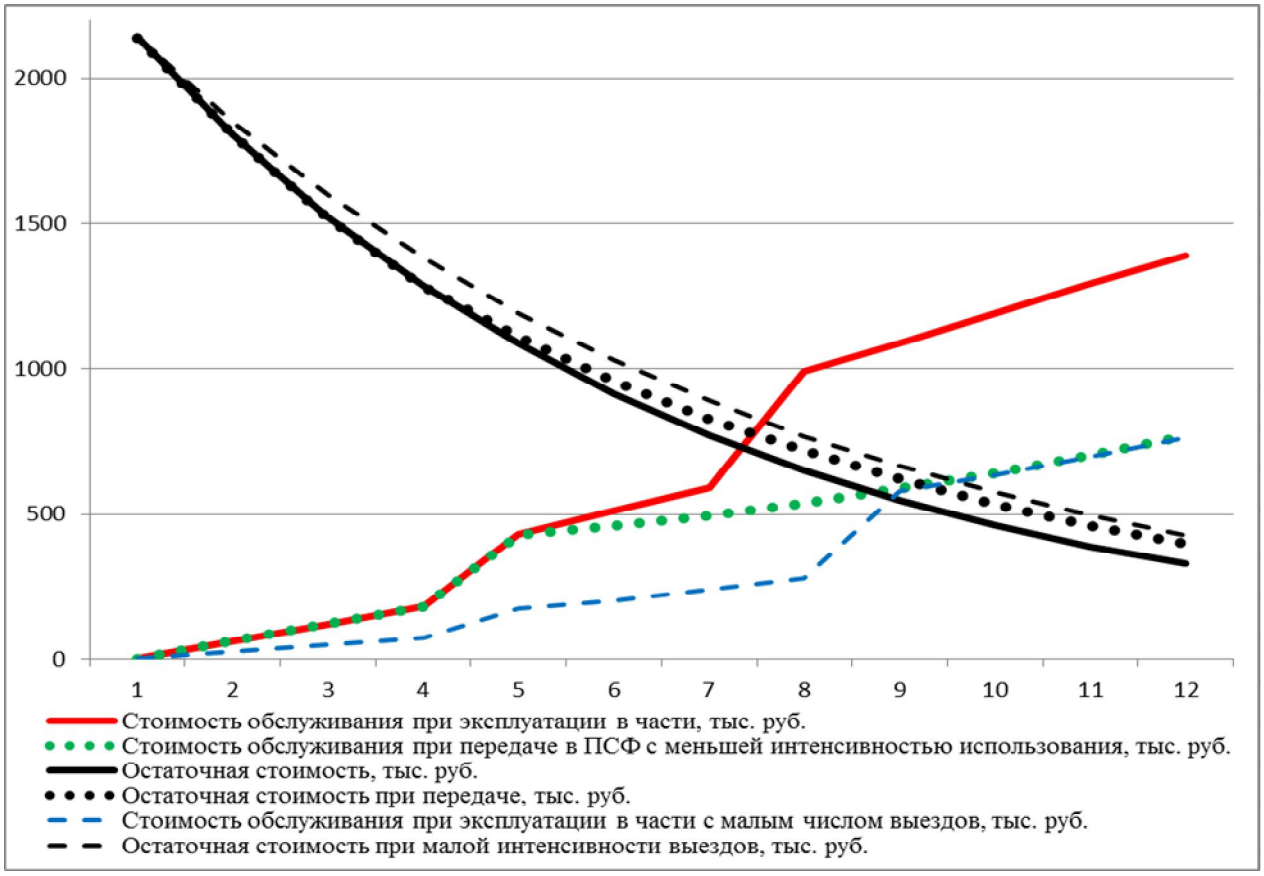

Рис. 2. Зависимость остаточной стоимости и эксплуатационных затрат от срока эксплуатации пожарной автоцистерны

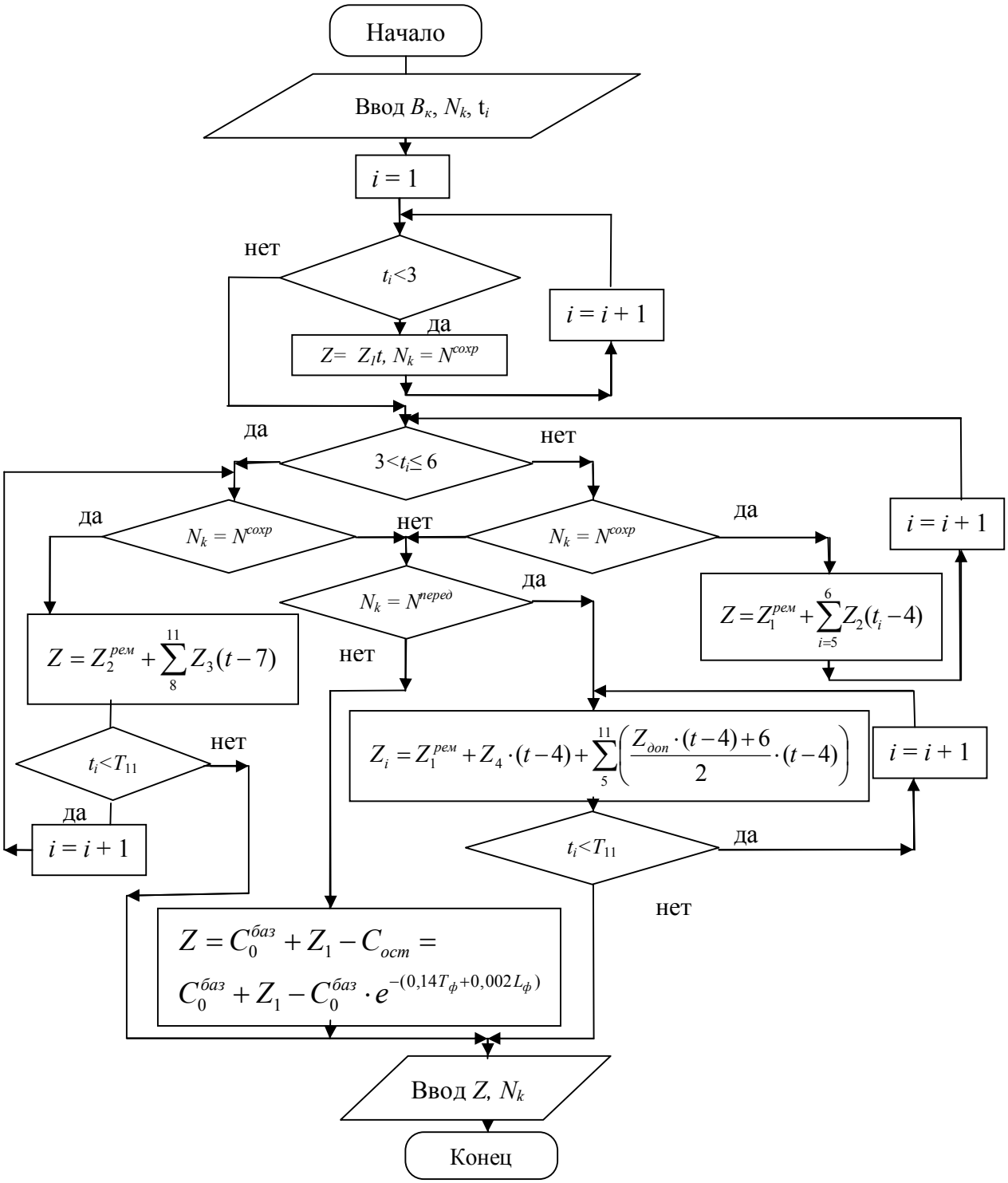

Рис. 3. Алгоритм замены пожарных автоцистерн

Для минимизации эксплуатационных затрат модифицировано уравнение Беллмана[4] для функции $Z_k(t)$:

$$Z_k = \min\begin{cases} \sum_{i=1}^{3} Z_1(t+1) + Z_1^{рем} + \sum_{5}^{6} Z_2(t-4) + Z_2^{рем} + \sum_{8}^{11} Z_3(t-7) - C_{ост}, \ \ если \ \ N_{11} = N^{сохр}, \\ \sum_{i=1}^{3} Z_1(t+1) + Z_1^{рем} + Z_4 \cdot (t-4) + \sum_{5}^{11}\left(\frac{Z_{доп}\cdot(t-4)+6}{2}\cdot(t-4)\right) - C_{ост}, \ \ если \ \ N_{11} = N_4^{перед} + N_{11}^{зам}, \\ C_0^{баз} + Z_1 - C_{ост}, \ \ если \ \ N_{11} = N^{зам}, \end{cases}$$

где $k = 11, 10,\ldots,1$;

Z_1, Z_2, Z_3 – затраты на эксплуатацию пожарно-спасательной техники в период с 1-го по 3-й год, с 5-го по 6-й год и с 8-го по 11-й год эксплуатации, при использовании пожарной автоцистерны в пожарной части с максимальным количеством вызовов;

Z_4, $Z_{доп}$ – эксплуатационные затраты при передаче пожарной автоцистерны в пожарную часть с меньшей интенсивностью выездов и дополнительные ежегодные эксплуатационные затраты;

$Z_1^{рем}$, $Z_2^{рем}$ – затраты на ремонт.

Разработан вариант геометрического решения задачи замены техники. В зависимости от принятого управленческого решения, изменение затрат показано на рис. 4.

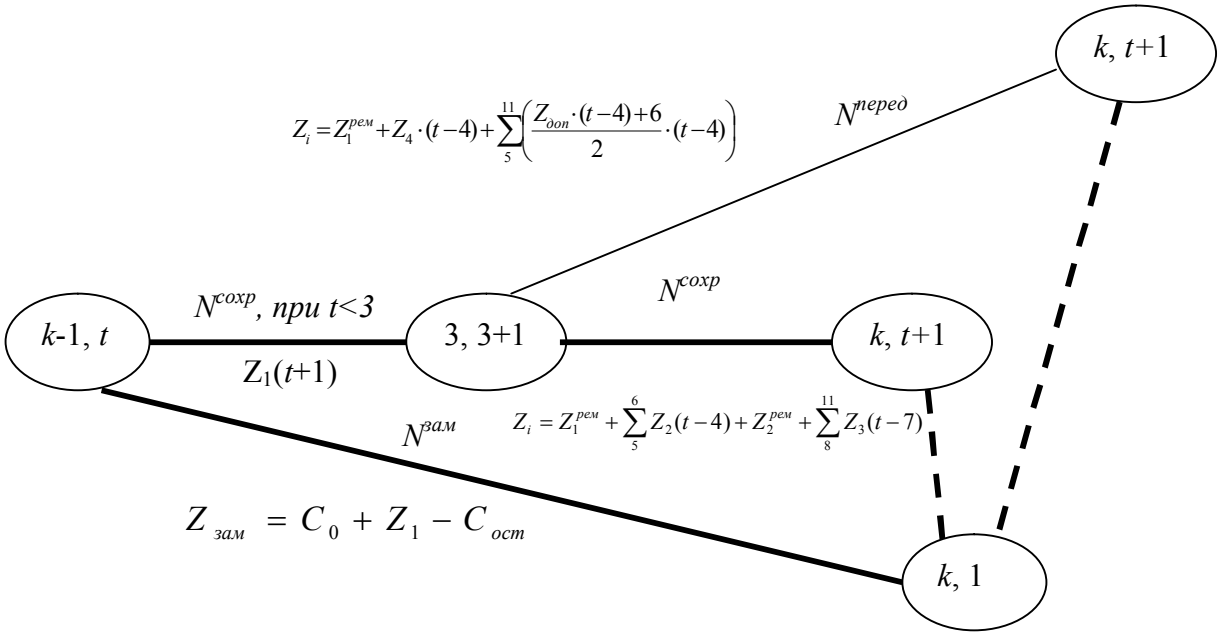

Рис. 4. Фрагмент графа изменения эксплуатационных затрат при замене пожарных автоцистерн

Разработан граф замены пожарных автоцистерн (рис. 5). Состояние начала эксплуатации пожарной автоцистерны соответствует точке $B_0(0;\ 0)$, конец эксплуатации точкам $B_k'(11,\ t)$. Полученные траектории приводят из точки B_0 в точки B_k'.

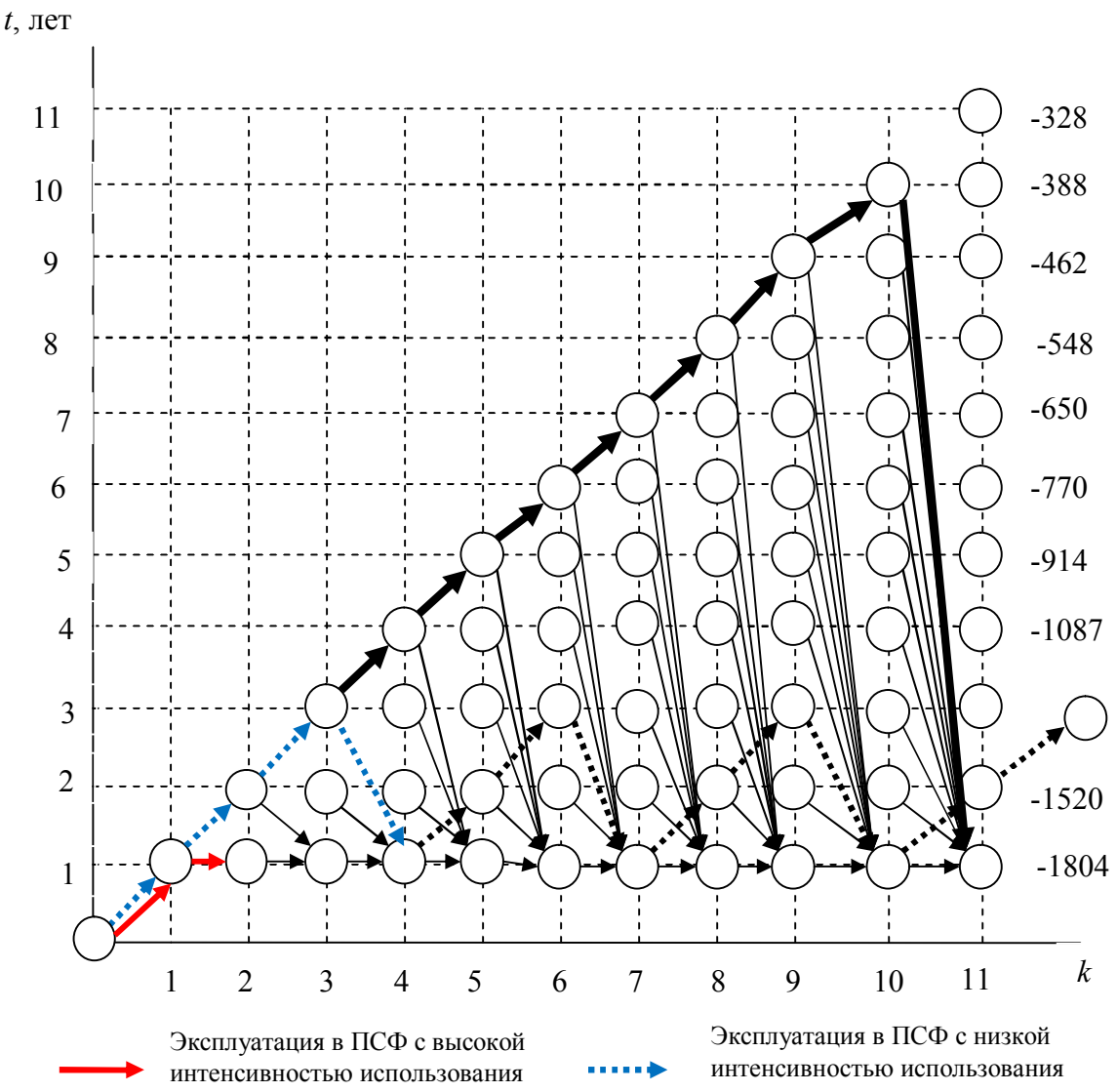

Рис. 5. Граф замены пожарно-спасательной техники

Красными стрелками на графе показан оптимальный вариант при эксплуатации пожарной автоцистерны в пожарной части с максимальным числом выездов, а синими пунктирными стрелками – в части с минимальным числом выездов. Черными толстыми стрелками показан путь, который соответствует 11-летней эксплуатации пожарной автоцистерны в пожарной части. Расчёт затрат производится начиная с последнего, 11-го года эксплуатации, и закончится начальным годом для всех $0 \le t \le 11$ при $k = 11$ управленческих решений.

Полученный график позволяет наглядно интерпретировать расчётную схему и обосновывать оптимальные сроки эксплуатации пожарно-спасательной техники методом динамического программирования.

Для пожарных частей с большим количеством выездов разработан табличный метод оптимизации, заключительный этап которого показан в табл. 1.

Таблица 1

Оптимизация эксплуатационных затрат на этапе 1

t	Сохранить	Заменить	Передать через 3 года	Оптимум		
	$Z = Z_{k+1} - C_{остt+1}$	$Z_з = (C_0 + Z_1 + C_{остt}) + Z_{k-1з}$	$Z' = Z'_{k+1} - C'_{остt+1}$	$Z_k(t)$	Δ Z' – Z	Управленческое решение
1	120 + 7332 = 7452	(2140 + 60 – 1804) + 1760 = 2156	120 + 4398 = 4518	2156	2934	заменить
∑	7452+ 2140 + 60 = 9652	2156 + 2140 + 60 = 4356	4518 + 2140 + 60 = 6658			

Разработанный метод может быть положен в основу автоматизированной информационно-управляющей системы материально-технического обеспечения пожарно-спасательных формирований [5].

Литература

1. ***Приказ*** МВД России от 20 августа 1996 года № 457 "Об утверждении инструкции о порядке присвоения квалификации и допуска к работе водителей пожарного автомобиля в Государственной противопожарной службе".

2. ***Постановление*** Совета Министров СССР от 22.10.1990 г. № 1072 об утверждении "Единых норм амортизационных отчислений на полное восстановление основных фондов народного хозяйства СССР".

3. ***Р-03112194–0376–98.*** Методика оценки остаточной стоимости транспортных средств с учётом технического состояния.

4. ***Исследование*** операций в экономике: Учеб. пособие для вузов / Под ред. Н.Ш. Кремера. М.: Юнити, 2002. 407 с.

5. ***Инфокоммуникационные*** технологии в кризисных ситуациях: Монография / Тетерин И.М., Топольский Н.Г., Сатин А.П. и др. М.: Академия ГПС МЧС России, 2010. 133 с.