

РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА РАВНОМЕРНОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ СРЕДСТВ СВЯЗИ И АВТОМАТИЗАЦИИ

Пьянков Олег Викторович

доктор технических наук, профессор,
заместитель начальника кафедры
инфокоммуникационных систем и технологий
Воронежского института МВД России,
Воронеж, Россия
E-mail: ovpyankov@mail.ru

Пахомова Ангелина Александровна

инженер кафедры
инфокоммуникационных систем и технологий
Воронежского института МВД России,
Воронеж, Россия
E-mail: angel.pahomova@mail.ru

Предмет исследования: вычисления на дискретных математических структурах.

Цель исследования: разработка алгоритма оптимизации распределения видов технического обслуживания средств связи и автоматизации в подразделениях органов внутренних дел Российской Федерации.

Методы и объекты исследования: в статье рассматривается возможность совершенствования планирования мероприятий технического обслуживания средств связи и автоматизации, используемых в органах внутренних дел Российской Федерации при решении задач, возложенных на МВД России. Отмечается, что в современных условиях необходимо тщательное планирование всех операций и мероприятий, осуществляемых техническими специалистами в подразделениях органов внутренних дел. Указывается, что ввиду занятости или нехватки технического персонала могут появляться события, связанные с некачественным выполнением мероприятий технического обеспечения. Предлагается в качестве критерия равномерности распределения использовать среднюю абсолютную ошибку (MAE), учитывая как положительные, так и отрицательные отклонения длительности проведения технического обслуживания по месяцам в течение календарного года.

Основные результаты исследования: разработан алгоритм равномерного распределения видов технического обслуживания, показана возможность его применения в подразделениях органов внутренних дел на примере оборудования ситуационного центра Воронежского института МВД России, определены ограничения применения разработанного алгоритма.

Ключевые слова: техническое обслуживание, оптимизация, алгоритм, план-график, равномерность распределения.

DEVELOPMENT OF AN ALGORITHM FOR THE UNIFORM DISTRIBUTION OF MAINTENANCE OF COMMUNICATIONS AND AUTOMATION EQUIPMENT

Oleg V. Pyankov

Doctor of Technical Sciences, Professor,
Deputy Head of the Chair of Information
and Communication Systems and Technologies
Voronezh Institute of the Ministry
of Internal Affairs of Russia,
Voronezh, Russia
E-mail: ovpyankov@mail.ru

Angelina A. Pahomova

Engineer of the Chair of Information
and Communication Systems and Technologies
Voronezh Institute of the Ministry
of Internal Affairs of Russia,
Voronezh, Russia
E-mail: angel.pahomova@mail.ru

Subject of research: calculations on discrete mathematical structures.

Purpose of research: to develop an algorithm for optimizing the distribution of types of maintenance of communications and automation in the departments of the internal affairs bodies of the Russian Federation.

Methods and objects of research: the article considers the possibility of improving the planning of maintenance measures for communications and automation equipment used in the internal affairs bodies of the Russian Federation in solving tasks assigned to the Ministry of Internal Affairs of Russia. It is noted that in modern conditions, careful planning of all operations and activities carried out by technical specialists in the departments of internal affairs bodies is necessary. It is indicated that due to the employment or shortage of technical personnel, events may occur related to poor-quality implementation of technical support measures. It is proposed to use the average absolute error (MAE) as a criterion for the uniformity of distribution, taking into account both positive and negative deviations in the duration of maintenance by month during the calendar year.

Main results of research: an algorithm for the uniform distribution of types of maintenance has been developed, the possibility of its application in the departments of internal affairs bodies has been shown and presented using the example of the equipment of the situation center of the Voronezh Institute of the Ministry of Internal Affairs of Russia, the limitations of the application of the developed algorithm have been determined.

Keywords: maintenance, optimization, algorithm, schedule, uniformity of distribution.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время решение задач, возложенных на органы внутренних дел, в том числе на Министерство внутренних дел Российской Федерации, требует применения технических средств связи и автоматизации (далее – ССИА). Их применение позволяет обеспечивать высокую эффективность управления имеющимися и приданными силами и средствами, осуществлять информационный обмен с другими

федеральными органами государственной власти, предоставлять услуги гражданам в электронном виде. Для поддержания в работоспособном состоянии используемых ССИА, снижения вероятности появления отказов в подразделениях органов внутренних дел осуществляется комплекс операций и мероприятий технического обслуживания.

Основная цель технического обслуживания средств связи и автоматизации

заключается в выявлении и устранении возможных неисправностей, а также в предотвращении преждевременного износа и потери характеристик оборудования. Техническое обслуживание направлено на постоянное поддержание параметров и технических характеристик средств связи и автоматизации в пределах установленных норм, указанных в нормативно-технической и эксплуатационной документации.

В соответствии с [1], в подразделениях органов внутренних дел составляются планы-графики проведения технического обслуживания ССиА с указанием месяца его проведения для каждого отдельного средства. При этом указывают один из видов технического обслуживания: ТО № 1 (ежеквартальное), ТО № 2 (полугодовое), ТО № 3 (годовое). Каждый последующий вид включает в себя предшествующий, т. е. в ТО № 3 входит ТО № 2, а также дополнительные технические операции.

При заполнении плана-графика могут возникать ситуации, связанные с неравномерным распределением мероприятий технического обслуживания по месяцам, что может приводить к невозможности его осуществления в требуемом объеме и качестве, кроме того, неравномерности нагрузки технических специалистов приводят в итоге к работе в «авральном» режиме. В свою очередь это может привести к увеличению отказов используемых ССиА, а следовательно, снижению эффективности решения поставленных перед МВД России задач [2].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Постановка задачи. Пусть i – номер экземпляра ССиА. Обозначим время технического обслуживания i -го экземпляра для k -го вида ($k=1, 2, 3$) в j -м месяце как $t_{i,j}^k$.

Общие трудозатраты на выполнение ТО всех экземпляров ССиА за год составляют сумму затрат по всем месяцам и устройствам

$$T_{\Sigma} = \sum_{j=1}^{12} \sum_{k=1}^3 \sum_{i=1}^n t_{i,j}^k.$$

Суммарное время технического обслуживания в j -м месяце – T_j определяется как:

$$T_j = \sum_{k=1}^3 \sum_{i=1}^n t_{i,j}^k.$$

Таким образом, актуальной задачей становится выбор критерия для оценки равномерности распределения T_j в течение года и разработка алгоритма построения

плана-графика проведения технического обслуживания для имеющихся в подразделении ОВД средств связи и автоматизации.

Равномерность распределения разумно оценивать по отношению к средней величине времени обслуживания, приходящейся на месяц:

$$T_{cp} = \frac{1}{12} \sum_{j=1}^{12} T_j = \frac{T_{\Sigma}}{12}. \quad (1)$$

В качестве отклонения нельзя брать просто разность, поскольку в этом случае отрицательные отклонения будут компенсироваться положительными, и разброс в таком случае относительно среднего значения (1) не будет наглядно отражаться. В связи с этим предлагается использовать среднее абсолютное отклонение (ошибку), которое в литературе определяется как MAE (Mean Absolute Error). Для рассматриваемой задачи определим критерий распределения видов технического обслуживания по месяцам как

$$K_{MAE} = \frac{\sum_{j=1}^{12} |T_j - T_{cp}|}{12} \rightarrow \min.$$

Можно отметить, что для $K_{MAE} = 0$ необходимо, чтобы для всех j выполнялось условие $T_j = T_{cp}$.

Алгоритм обеспечения равномерного распределения видов ТО для ССиА на основе полного перебора проводится в соответствии с блок-схемой, представленной на рисунке 1.

Ввод исходных данных включает в себя регистрацию данных о продолжительности проведения технического обслуживания каждого вида для экземпляров ССиА. В целом определение времени технического обслуживания может представлять собой отдельную задачу, но следует отметить, что любой сотрудник при наличии опыта может указать определенное значение как экспертную оценку, соответствующую требуемой продолжительности.

Формирование перечня необходимых видов технического обслуживания предполагает создание списка, который содержит все виды технического обслуживания для каждого i -го экземпляра ССиА, такой что

$$T_i = t_{i,j_1}^1 + t_{i,j_2}^1 + t_{i,j_3}^2 + t_{i,j_4}^3; j_1 \neq j_2 \neq j_3 \neq j_4.$$

Фактически при формировании перечня необходимо придерживаться только одного правила: техническое обслуживание одного вида не должно производиться с техническим обслуживанием другого (или того же вида) в одном месяце, и размещаться они должны по одному в квартале.

Сформированный перечень позволяет осуществить расчёт средней величины времени обслуживания, приходящейся на месяц (1).

При распределении проведения ТО № 1, ТО № 2, ТО № 3 для каждого оборудования необходимо учитывать периодичность и время выполнения каждого типа технического обслуживания. Для первоначального распределения можно использовать любое случайное

распределение видов ТО по месяцам, например, поместить все $t_{i,j}^k$ в каждый первый месяц каждого квартала. Для первоначального распределения далее осуществляется расчёт K_{MAE} . После этого генерируется первый вариант плана-графика технического обслуживания ($s=1$), для которого осуществляется расчёт нового значения среднего абсолютного отклонения.

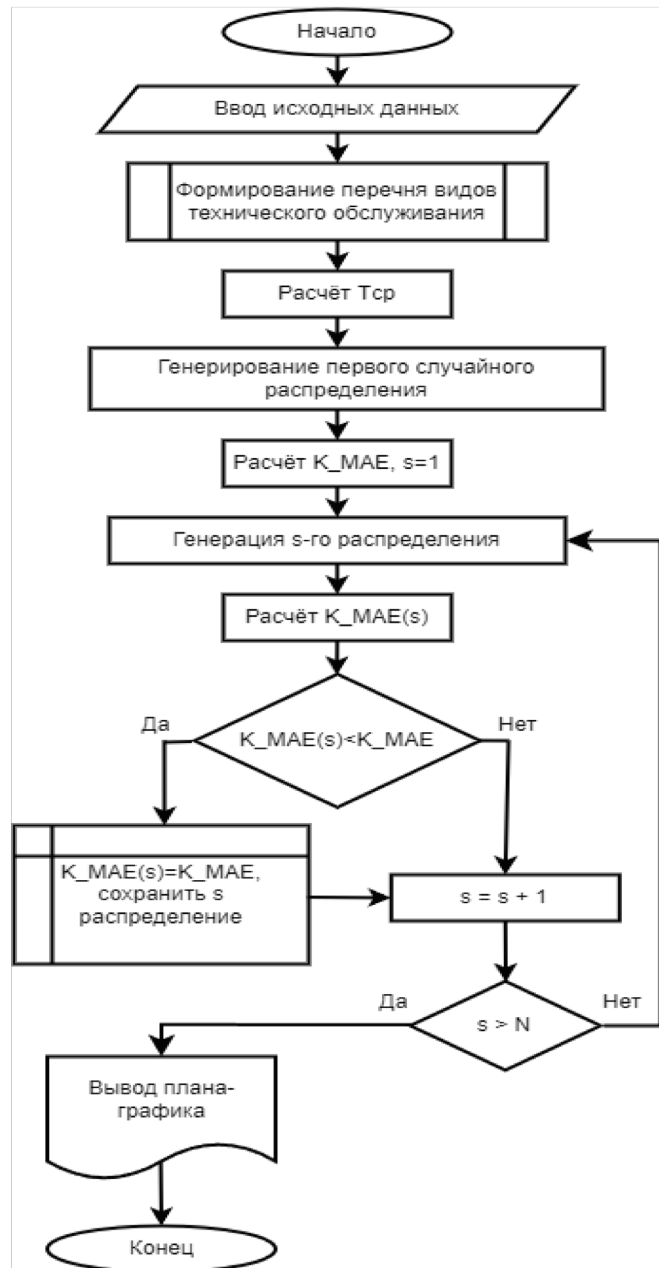


Рисунок 1. Блок-схема алгоритма оптимизации технического обслуживания ССИА

Среднее абсолютное отклонение для нового генерируемого плана-графика технического обслуживания необходимо сравнить с первым значением. Если отклонение меньше заданного, текущее распределение считается оптимальным. Далее генерируется новый

вариант ($s+1$), и процесс повторяется. Генерация нового варианта заключается в изменении месяца проведения конкретного вида ТО. В таблице 1 для наглядности приведены примеры трех вариантов размещения видов ТО по месяцам для трех экземпляров ССИА.

Таблица 1. Варианты планов-графиков технического обслуживания

Вариант	ССиА	Месяц											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Экз. 1	ТО № 1			ТО № 2			ТО № 1			ТО № 3		
	Экз. 2	ТО № 1			ТО № 2			ТО № 1			ТО № 3		
	Экз. 3	ТО № 1			ТО № 2			ТО № 1			ТО № 3		
2	Экз. 1	ТО № 1			ТО № 3			ТО № 1			ТО № 2		
	Экз. 2	ТО № 1			ТО № 2			ТО № 1				ТО № 3	
	Экз. 3	ТО № 1			ТО № 2			ТО № 1					ТО № 3
3	Экз. 1	ТО № 3			ТО № 1			ТО № 1			ТО № 2		
	Экз. 2			ТО № 1		ТО № 2			ТО № 1			ТО № 3	
	Экз. 3		ТО № 1				ТО № 2			ТО № 1			ТО № 3

По окончании рассмотрения всех вариантов распределения ТО ($s > N$) сохраненный в памяти вариант считается оптимальным, а его значение критерия K_{MAE} является наилучшим (минимальным). Данный оптимальный вариант выводится для дальнейшего

ознакомления и утверждения руководителем подразделения.

Разработанный алгоритм был реализован в виде соответствующей программы для ЭВМ (см. рис. 2) в среде Delphi 12 Community Edition [4].

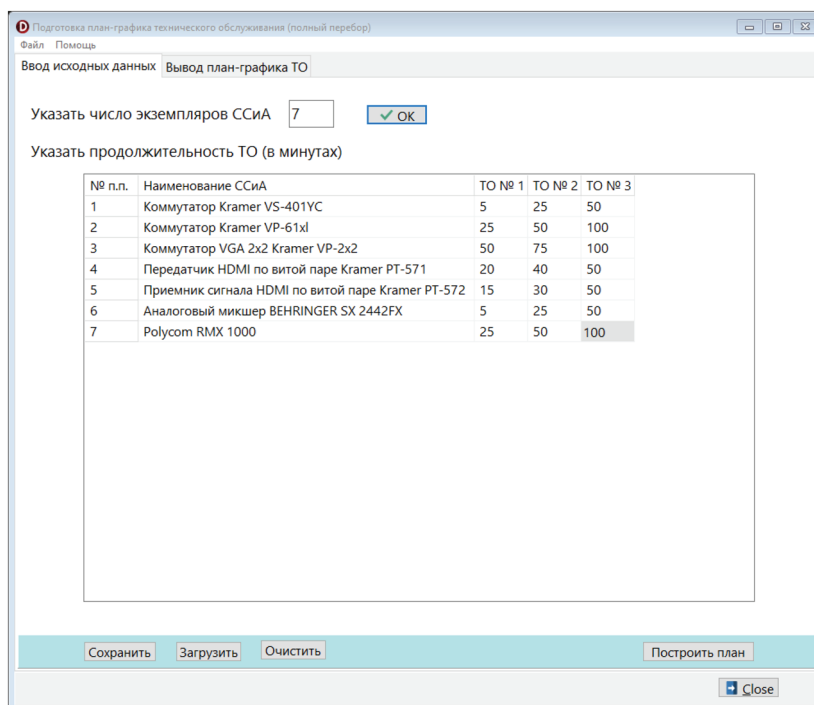


Рисунок 2. Интерфейс программы «Подготовка плана-графика технического обслуживания (полный перебор)»

Для проведения вычислительного эксперимента было выбрано оборудование ситуационного центра Воронежского института

МВД России, определена продолжительность технического обслуживания для всех видов ТО (см. табл. 2).

Таблица 2. Продолжительность технического обслуживания оборудования ситуационного центра

№ п/п	Наименование средств связи и автоматизации	Продолжительность, мин.		
		ТО № 1	ТО № 2	ТО № 3
1	2	3	4	5
1.	Коммутатор Kramer VS-401YC	5	25	50
2.	Коммутатор Kramer VP-61xl	25	50	100
3.	Коммутатор VGA 2x2 Kramer VP-2x2	50	75	100
4.	Передатчик HDMI по витой паре Kramer PT-571	20	40	50
5.	Приемник сигнала HDMI по витой паре Kramer PT-572	15	30	50
6.	Аналоговый микшер BEHRINGER SX 2442FX	5	25	50
7.	Polycom RMX 1000	25	50	100

В ходе расчета определено, что $T_{\Sigma} = 1085$ мин., $T_{cp} \approx 90,4$ мин.

Первый план распределения ТО по месяцам позволил определить начальное значение

критерия $K_{MAE} \approx 120$ мин. Для наглядности графическое представление затрат времени на осуществление технического обслуживания по месяцам представлено на рис. 3.

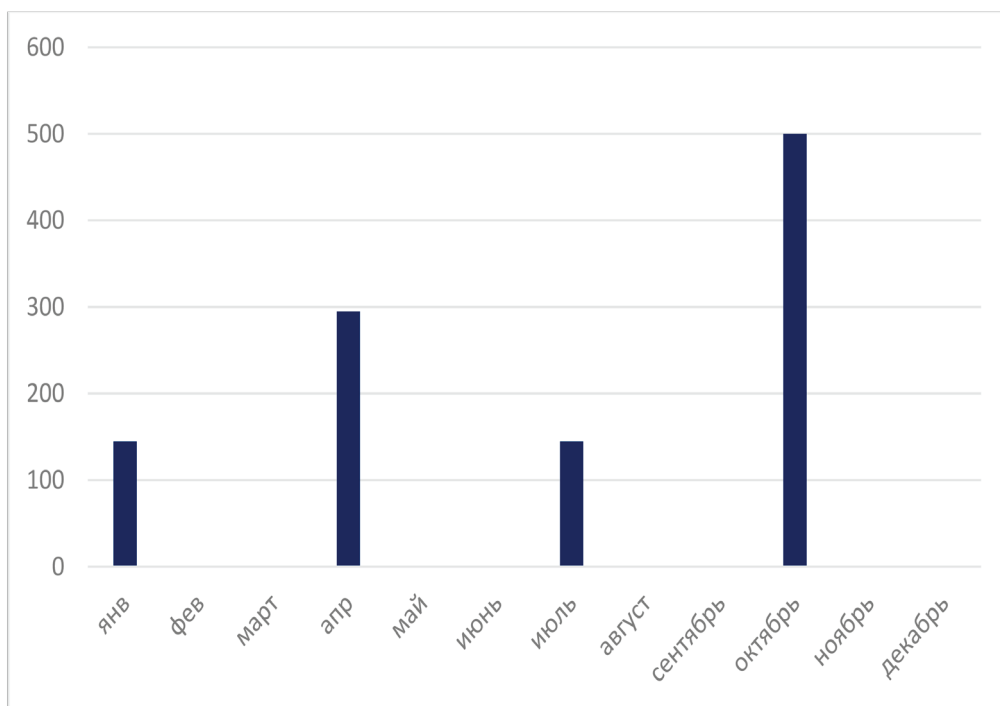


Рисунок 3. График продолжительности ТО по месяцам

В ходе работы алгоритма на ПЭВМ (процессор Intel Core i3-3240 CPU 3.40GHz, оперативная память 4 ГБ, ОС Windows 10 Pro 22H2) рассчитанное значение критерия составило $K_{MAE} \approx 5,49$ мин. Графическое представление

затрат времени на осуществление технического обслуживания по месяцам для наилучшего значения целевой функции отображено на рис. 4.

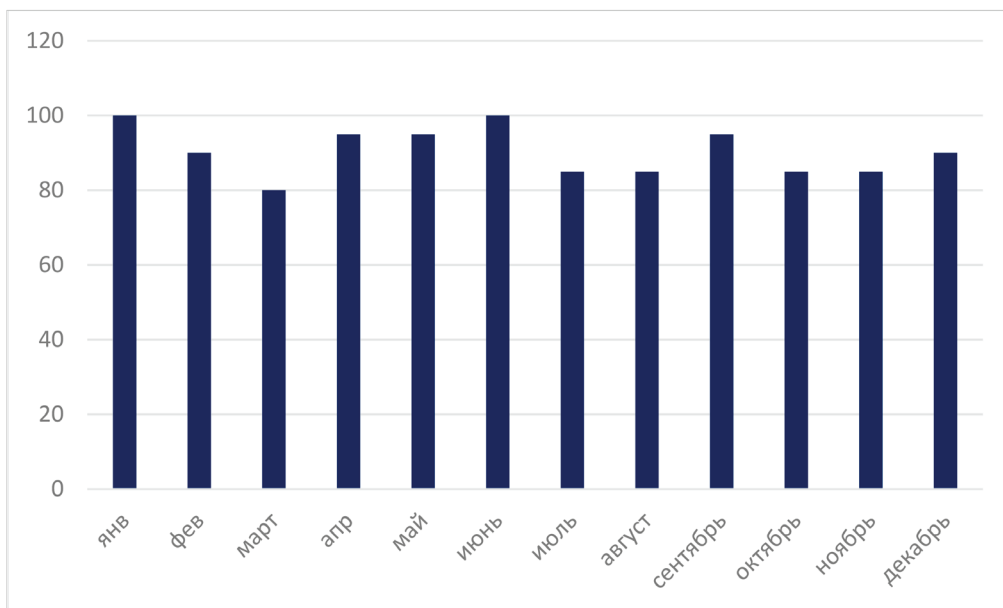


Рисунок 4. График продолжительности ТО по месяцам после оптимизации

В ходе реализации нового плана-графика технического обслуживания было достигнуто значительное снижение среднего отклонения по сравнению с исходным значением, что означает, что текущее распределение технического обслуживания стало более равномерным.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ И ВЫВОДЫ

Необходимо отметить, что, несмотря на кажущийся незначительный эффект снижения K_{MAE} (всего $120-5=115$ минут), тем не менее в практических подразделениях ОВД число технических средств, требующих технического обслуживания, может достигать нескольких сотен экземпляров, и в этом случае эффект, конечно же, может быть более значимым. Также необходимо отметить, что степенной рост объема вычислений при увеличении числа экземпляров ССиА не позволит за приемлемое время осуществлять поиск оптимального распределения видов ТО по месяцам, для этого требуется разработка менее затратных алгоритмов, в том числе эвристических.

Разработанный алгоритм оптимизации распределения видов технического обслуживания позволяет решить задачу «в лоб» и вполне применим при незначительном числе средств связи и автоматизации, используемых в подразделениях органов внутренних дел. Исходные данные для отдельных экземпляров ССиА нормативно закреплены в документах МВД России, устанавливающих продолжительность технического обслуживания, однако с учетом изменения техники, её совершенствования и усложнения их применение

вызывает некоторые затруднения, в связи с чем возможно привлечение экспертов для их оценки или проведение экспериментов для получения более точных адекватных значений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Об утверждении Наставления по технической эксплуатации средств связи и автоматизации территориальных органов Министерства внутренних дел Российской Федерации : приказ МВД России № 772 от 30.11.2016. – Текст : электронный // МВД РФ. – URL: <https://43.мвд.рф/Moni/item/9317720> (дата обращения: 20.09.2024).
2. Пьянков, О. В. Организация технической эксплуатации защищенных систем связи : учебник / О. В. Пьянков. – Воронеж : Воронежский институт МВД России, 2024. – 109 с. – ISBN 978-5-00229-094-9. – Текст : непосредственный.
3. Аттетков, А. В. Методы оптимизации : учеб. для вузов / А. В. Аттетков, С. В. Галкин, В. С. Зарубин ; под ред. В. С. Зарубина, А. П. Крищенко. – Москва : МГТУ им. Н.Э. Бауман, 2003. – 440 с. – Текст : непосредственный.
4. Delphi 12 Community Edition // Embarcadero. – URL: <https://www.embarcadero.com/ru/products/delphi/starter> (date of application: 20.09.2024).