

**МАТЕМАТИЧЕСКОЕ И ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ,
КОМПЛЕКСОВ И КОМПЬЮТЕРНЫХ СЕТЕЙ / MATHEMATICAL SOFTWARE FOR COMPUTERS,
COMPLEXES AND COMPUTER NETWORKS**

DOI: <https://doi.org/10.60797/itech.2025.5.5>

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЧИСЛА ВОЗМОЖНЫХ ВАРИАНТОВ ПЛАНОВ-ГРАФИКОВ ТЕХНИЧЕСКОГО
ОБСЛУЖИВАНИЯ СРЕДСТВ СВЯЗИ И АВТОМАТИЗАЦИИ**

Научная статья

Пахомова А.А.^{1,*}

¹ ORCID : 0009-0003-7319-392;

¹ Воронежский институт МВД России, Воронеж, Российская Федерация

* Корреспондирующий автор (pahomova.angelina2013[at]yandex.ru)

Аннотация

Рассматриваются вопросы планирования технического обслуживания средств связи и автоматизации в подразделениях органов внутренних дел Российской Федерации. Исследуются особенности проведения технического обслуживания, а также задачи, выполняемые в рамках ТО. Определяется вычислительная сложность и размерность задачи построения плана-графика для одного и нескольких ССиА, с учетом допустимых стратегий проведения технического обслуживания по кварталам. Приводятся результаты вычислительного эксперимента по построению оптимального плана-графика технического обслуживания, в том числе оценивается временная затрата при осуществлении полного перебора вариантов для различного числа средств связи и автоматизации.

Ключевые слова: техническое обслуживание, план-график, средства связи и автоматизации (ССиА), вычислительный эксперимент.

**DETERMINATION OF THE NUMBER OF POSSIBLE VARIANTS OF MAINTENANCE SCHEDULES FOR
COMMUNICATION AND AUTOMATION EQUIPMENT**

Research article

Pakhomova A.A.^{1,*}

¹ ORCID : 0009-0003-7319-392;

¹ Voronezh Institute of the Ministry of Internal Affairs of Russia, Voronezh, Russian Federation

* Corresponding author (pahomova.angelina2013[at]yandex.ru)

Abstract

The issues of planning maintenance of communication and automation equipment in the units of internal affairs bodies of the Russian Federation are examined. The features of maintenance are studied, as well as the tasks performed within the framework of maintenance. The computational complexity and dimensionality of the task of constructing a plan-schedule for one and several C&A, taking into account the permissible strategies of maintenance by quarters, are determined. The results of the computational experiment on the construction of the optimal maintenance plan-schedule are given, including the estimation of the time cost when carrying out a complete search of variants for a different number of communication and automation facilities.

Keywords: maintenance, schedule, communications and automation (C&A), computational experimentation.

Введение

Перед МВД России стоит множество различных задач, для решения которых требуется использование средств связи и автоматизации (ССиА), за их корректную работу отвечает своевременно организованное и проводимое техническое обслуживание (ТО).

Целью ТО несомненно является поддержание ССиА в рабочем состоянии в его эксплуатационном жизненном цикле, а также снижения вероятности отказов [1], [2]. В ОВД в соответствии с [3] составляются планы-графики проведения технического обслуживания с указанием месяца его проведения для каждого экземпляра в отдельности. При этом выделяют три вида ТО: ежеквартальное ТО № 1, полугодовое ТО № 2 и годовое ТО № 3.

В ходе проведения работ в рамках ТО № 1 выполняются следующие задачи: определение исправности ССиА в заданном режиме работы; осмотр и чистка основных узлов и элементов; проверка состояния заземления, кабельных соединений и др. на отсутствие замыканий и повреждений. Основные задачи ТО № 2: осмотр и чистка основных блоков, узлов, разъемов, органов управления, систем охлаждения; программно-аппаратная проверка технических характеристик ССиА и их основных блоков; программирование, настройка, регулировка ССиА в соответствии с нормативно-технической или эксплуатационной документацией; контроль состояния аккумуляторных источников питания (при наличии). Годовое ТО подразумевает выполнение следующих задач: проверка конфигурации и обновление программного обеспечения, при необходимости получение и обновление лицензий от производителя средств связи и автоматизации; ремонт и дооборудование мест установки и обслуживания ССиА.

Для обслуживания одного технического средства возможно проведение 2 ежеквартальных, 1 полугодового и годового ТО, т.к. каждый последующий вид включает в себя предшествующий. Основная проблема при заполнении плана-графика заключается в том, что равномерно распределить техническое обслуживание по месяцам не всегда

возможно, кроме того, количество различных вариантов планов-графиков можно оценить, как количество размещений [4].

Постановка задачи

Рассмотрим вопрос определения размерности задачи построения плана-графика для одного и n ССиА.

Исходя из того факта, что каждое последующее ТО включает в себя предыдущее, можно сделать вывод о том, что невозможно в одном полугодии проводить два ежеквартальных ТО, т.к. не выполнится план о проведении ТО № 2, также нет смысла проводить годовое и полугодичное ТО друг за другом в первом или втором полугодии, таким образом не все комбинации стратегий проведения технического обслуживания допустимы [5], стратегии удовлетворяющие всем требованиям представлены в таблице 1.

Таблица 1 - Допустимые стратегии размещения видов ТО по кварталам

DOI: <https://doi.org/10.60797/itech.2025.5.5.1>

№ стратегии	I квартал	II квартал	III квартал	IV квартал
1	ТО № 1	ТО № 2	ТО № 1	ТО № 3
2	ТО № 1	ТО № 2	ТО № 3	ТО № 1
3	ТО № 1	ТО № 3	ТО № 1	ТО № 2
4	ТО № 1	ТО № 3	ТО № 2	ТО № 1
5	ТО № 2	ТО № 1	ТО № 1	ТО № 3
6	ТО № 2	ТО № 1	ТО № 3	ТО № 1
7	ТО № 3	ТО № 1	ТО № 1	ТО № 2
8	ТО № 3	ТО № 1	ТО № 2	ТО № 1

Число вариантов технического обслуживания для одного ССиА для одной стратегии:

$$C_1 = 3^4 = 81$$

где 3 – количество вариантов размещений ТО по месяцам в каждом квартале, а 4 – число кварталов.

Для 8 допустимых стратегий, рассмотренных в таблице 1, число вариантов проведения технического обслуживания для одного ССиА составит:

$$C_8 = 8C_1 = 648$$

Таким образом, для n ССиА количество вариантов различных планов-графиков будет определяться следующим выражением:

$$C_n = C_8^n = 648^n$$

В подразделениях ОВД явно используется $n > 1$ ССиА, тогда число вариантов проведения обслуживания в год допустим для 7 будет: $648^7 = 47\,976\,111\,050\,506\,371\,072$, что не поддается расчетам вручную и, несомненно, вызывает трудности в равномерном распределении ТО по месяцам, алгоритм полного перебора представленный в [6] не позволит найти оптимальное решение за короткий промежуток времени.

Перебор всех этих вариантов в конечном итоге должен позволить выбрать тот вариант, для которого виды ТО равномерно распределены в году. Для оценки равномерного распределения технического обслуживания по месяцам могут быть использованы различные показатели: H – среднее гармоническое; G – среднее геометрическое; A – среднее арифметическое; S – среднее квадратическое. Согласно неравенству о средних [7], среднее гармоническое чисел не превосходит среднее геометрическое, среднее арифметическое и среднее квадратическое, причём все средние равны только в случае равенства всех чисел $x_1 = \dots = x_n$, т.е.: $H \leq G \leq A \leq S$.

Вычислительный эксперимент

Проведем вычислительный эксперимент для $n=2$, $n=3$ и $n=4$, с различной продолжительностью проведения ТО в минутах для каждого ССиА в соответствующей программе [8] для ЭВМ в среде Delphi 12 Community Edition [9].

Таблица 2 - Исходные данные для различного числа экземпляров ССиА

DOI: <https://doi.org/10.60797/itech.2025.5.5.2>

№ п.п.	Наименование ССиА	Продолжительность, мин		
		ТО № 1	ТО № 2	ТО № 3
$n = 2$				
1	Прибор 1	10	26	49
2	Прибор 2	5	18	33
$n = 3$				
1	Прибор 1	10	26	49
2	Прибор 2	5	18	33
3	Прибор 3	7	20	44

№ п.п.	Наименование ССиА	Продолжительность, мин		
		ТО № 1	ТО № 2	ТО №3
n = 4				
1	Прибор 1	10	26	49
2	Прибор 2	5	18	33
3	Прибор 3	7	20	44
4	Прибор 4	12	37	52

Для исходных данных, представленных в сводной таблице 2, программой был составлен оптимальный план-график ТО (см. табл. 3, 4, 5).

Таблица 3 - Оптимальный план-график для n = 2

DOI: <https://doi.org/10.60797/itech.2025.5.5.3>

№ п.п.	Наименование ССиА	Периодичность технического обслуживания (ТО № 1, ТО № 2, ТО № 3) продолжительность, мин											
		I квартал			II квартал			III квартал			IV квартал		
		январь	февраль	март	апрель	май	июнь	июль	август	сентябрь	октябрь	ноябрь	декабрь
1	Прибор 1	10	0	0	26	0	0	10	0	0	49	0	0
2	Прибор 2	0	5	0	0	18	0	0	5	0	0	33	0
Суммарная продолжительность		10	5	0	26	18	0	10	5	0	49	33	0

Примечание: $T_{ср} = 13$ мин, $T_{сумм} = 156$ мин, $\sigma = 15$ мин 2 сек, продолжительность расчета = 0:00:00, число рассмотренных вариантов = 419904

Таблица 4 - Оптимальный план-график для n = 3

DOI: <https://doi.org/10.60797/itech.2025.5.5.4>

№ п.п.	Наименование ССиА	Периодичность технического обслуживания (ТО № 1, ТО № 2, ТО № 3) продолжительность, мин											
		I квартал			II квартал			III квартал			IV квартал		
		январь	февраль	март	апрель	май	июнь	июль	август	сентябрь	октябрь	ноябрь	декабрь
1	Прибор 1	10	0	0	26	0	0	10	0	0	49	0	0
2	Прибор 2	0	5	0	0	18	0	0	5	0	0	33	0
3	Прибор 3	0	0	7	0	0	20	0	0	7	0	0	44
Суммарная продолжительность		10	5	7	26	18	20	10	5	7	49	33	44

Примечание: $T_{ср} = 20$ мин 30 сек, $T_{сумм} = 234$ мин, $\sigma = 15$ мин 45 сек, продолжительность расчета = 0:02:44, число рассмотренных вариантов = 272097792

Таблица 5 - Оптимальный план-график для $n = 4$ DOI: <https://doi.org/10.60797/itech.2025.5.5.5>

№ п.п.	Наименование ССиА	Периодичность технического обслуживания (ТО № 1, ТО № 2, ТО № 3) продолжительность, мин											
		I квартал			II квартал			III квартал			IV квартал		
		январь	февраль	март	апрель	май	июнь	июль	август	сентябрь	октябрь	ноябрь	декабрь
1	Прибор 1	10	0	0	26	0	0	10	0	0	49	0	0
2	Прибор 2	0	18	0	0	5	0	0	33	0	0	5	0
3	Прибор 3	7	0	0	0	0	44	7	0	0	0	0	20
4	Прибор 4	0	0	52	0	12	0	0	0	37	0	12	0
Суммарная продолжительность		17	18	52	26	17	44	17	33	37	49	17	20

Примечание: $T_{cp} = 29$ мин 55 сек, $T_{сумм} = 391$ мин, $\sigma = 15$ мин 55 сек, продолжительность расчета = 52:06:08, число рассмотренных вариантов = 176319369216

Для расчета использовалась ПЭВМ с процессором Intel Core i5-8300H CPU 2.30GHz, оперативная память 8 ГБ, ОС Windows 10 Корпоративная. В ходе эксперимента мы убедились в том, что построение плана-графика – достаточно трудоемкий процесс, требующий нахождения оптимального решения необходимого для своевременного выполнения задач, стоящих перед МВД России.

Заключение

Таким образом построение оптимального плана-графика даже для незначительного числа ССиА является трудоемкой задачей, которую не решить методом полного перебора. Требуются дополнительные исследования по разработке эффективных вычислительных методов и алгоритмов построения оптимального плана-графика технического обслуживания ССиА с применением современных компьютерных технологий.

Конфликт интересов

Не указан.

Рецензия

Все статьи проходят рецензирование. Но рецензент или автор статьи предпочли не публиковать рецензию к этой статье в открытом доступе. Рецензия может быть предоставлена компетентным органам по запросу.

Conflict of Interest

None declared.

Review

All articles are peer-reviewed. But the reviewer or the author of the article chose not to publish a review of this article in the public domain. The review can be provided to the competent authorities upon request.

Список литературы / References

- Черепанов А.Н. Техническое обслуживание и ремонт. Современные подходы к построению системы / А.Н. Черепанов. — М.: Книга по Требованию, 2015. — 222 с.
- Пьянков О.В. Организация технической эксплуатации защищенных систем связи : учебник / О.В. Пьянков. — Воронеж : Воронежский институт МВД России, 2024. — 109 с.
- Об утверждении Наставления по технической эксплуатации средств связи и автоматизации территориальных органов Министерства внутренних дел Российской Федерации: приказ МВД России № 772 // СТРАС «ЮРИСТ». — 2016.
- Рейнгольд Э. Комбинаторные алгоритмы. Теория и практика / Э. Рейнгольд, Ю. Нивергельт, Н. Део — Москва: МИР, 1980 — 476 с.
- 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. Баумана, 2003. — 440 с.

6. Быковских А.А. Разработка алгоритма оптимизации технического обслуживания средств связи и автоматизации / А.А. Быковских, О.В. Пьянков // Вестник Воронежского института МВД России — 2024 — № 3.
7. Среднее гармоническое // Wikipedia. — URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Среднее_гармоническое (дата обращения: 15.10.2024).
8. Gonnet G.H. Handbook of algorithms and data structures / G.H. Gonnet, R. Baeza-Yates. — 1991. — 433 p.
9. Delphi 12 Community Edition. — URL: <https://www.embarcadero.com/ru/products/delphi/starter> (accessed: 20.08.2024).
10. Dehne F. Algorithms and data structures / F. Dehne, J.-R.Sack, N. Santoro. — 1989. — 600 p.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Cherepanov A.N. Tehnicheskoe obsluzhivanie i remont. Sovremennye podhody k postroeniju sistemy [Maintenance and repair. Modern approaches to building a system] / A.N. Cherepanov. — M.: Book on Demand, 2015. — 222 p. [in Russian]
2. P'jankov O.V. Organizacija tehnicheckoj jekspluatacii zashhishhennyh sistem svjazi : uchebnik [Organization of technical operation of protected communication systems : textbook] / O.V. P'jankov. — Voronezh Voronezh Institute of the Ministry of Internal Affairs of Russia, 2024. — 109 p. [in Russian]
3. Ob utverzhdenii Nastavlenija po tehnicheckoj jekspluatacii sredstv svjazi i avtomatizacii territorial'nyh organov Ministerstva vnutrennih del Rossijskoj Federacii [On Approval of the Guidelines for Technical Operation of Communications and Automation Equipment of Territorial Bodies of the Ministry of Internal Affairs of the Russian Federation]: Order of the Ministry of Internal Affairs of the Russian Federation No. 772 // STRAS «JuRIST». — 2016. [in Russian]
4. Reingold Je. Kombinatornye algoritmy. Teorija i praktika [Combinatorial algorithms. Theory and practice] / E. Reingold, Y. Nivergelt, N. Deo — Moscow: MIR, 1980 — 476 p. [in Russian]
5. Attetkov A.V. Metody optimizacii : ucheb. dlja vuzov [Optimization methods : a textbook for universities] / A.V. Attetkov, S.V. Galkin, V.S. Zarubin; ed. by V.S. Zarubin, A.P. Krishhenko. — Moscow : Bauman Moscow State Technical University named after N.E. Bauman, 2003. — 440 p. [in Russian]
6. Bykovskih A.A. Razrabotka algoritma optimizacii tehnicheckogo obsluzhivanija sredstv svjazi i avtomatizacii [Development of an algorithm for optimizing the maintenance of communication and automation equipment] / A.A. Bykovskih, O.V. P'jankov // Vestnik Voronezhskogo instituta MVD Rossii [Bulletin of the Voronezh Institute of the Ministry of Internal Affairs of Russia] — 2024 — № 3. [in Russian]
7. Srednee garmonicheskoe [Harmonic mean] // Wikipedia. — URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Srednee_garmonicheskoe (accessed: 15.10.2024). [in Russian]
8. Gonnet G.H. Handbook of algorithms and data structures / G.H. Gonnet, R. Baeza-Yates. — 1991. — 433 p.
9. Delphi 12 Community Edition. — URL: <https://www.embarcadero.com/ru/products/delphi/starter> (accessed: 20.08.2024).
10. Dehne F. Algorithms and data structures / F. Dehne, J.-R.Sack, N. Santoro. — 1989. — 600 p.