

УДК 519.115.8

DOI: [10.26102/2310-6018/2020.28.1.021](https://doi.org/10.26102/2310-6018/2020.28.1.021)

## Разработка алгоритмов оптимизации обслуживания заявок на ремонт элементов интегрированной системы безопасности

Л.В. Россихина<sup>1,2</sup>, Е.Ю. Егоров<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Воронежский институт ФСИН России, Воронеж, Россия

<sup>2</sup> Академия управления МВД России, Москва, Россия

**Резюме:** В статье представлен алгоритм обслуживания наибольшего числа заявок на ремонт элементов интегрированной системы безопасности (ИСБ) в установленные директивные сроки. Особенность алгоритма заключается в том, что директивным сроком обслуживания является активное время восстановления работоспособности ИСБ, которое определено в ГОСТ Р 53704 – 2009 «Системы безопасности комплексные и интегрированные. Общие технические требования». Также предложен алгоритм построения оптимальной последовательности обслуживания заявок на ремонт. Оптимальная последовательность определяется, исходя из наименьшего суммарного времени задержек в завершении обслуживания заявок в директивные сроки. Проанализирована задача построения расписаний обслуживания заявок с учетом заданных директивных сроков и штрафов за нарушение отдельных директивных сроков. Также были рассмотрены вопросы минимизации числа заявок, обслуживаемых с запаздыванием и обобщение интервалов очередности обслуживания заявок на ремонт элементов ИСБ. В статье представлены два подхода к оптимизации обслуживания заявок на ремонт элементов ИСБ. Первый алгоритм представляет возможность обслуживания наибольшего числа заявок на ремонт за активное время восстановления работоспособности ИСБ. Второй алгоритм представляет возможность получения оптимальной последовательности на обслуживание заявок на ремонт элементов ИСБ, с учетом суммарного времени задержек в завершении обслуживания в директивные сроки.

**Ключевые слова:** алгоритм, критерий, последовательность, заявка на ремонт, директивный срок обслуживания, фактическое время завершения обслуживания, активное время восстановления работоспособности ИСБ.

**Для цитирования:** Россихина Л.В., Егоров Е.Ю. Разработка алгоритмов оптимизации обслуживания заявок на ремонт элементов интегрированной системы безопасности. *Моделирование, оптимизация и информационные технологии*. 2020;8(1). Доступно по: [https://moit.vivt.ru/wp-content/uploads/2020/02/RossikhinaEgorov\\_1\\_20\\_1.pdf](https://moit.vivt.ru/wp-content/uploads/2020/02/RossikhinaEgorov_1_20_1.pdf) DOI: 10.26102/2310-6018/2020.28.1.021

## Development of optimization algorithms servicing requests for repair of elements integrated security system

L.V. Rossikhina<sup>1,2</sup>, E.Y. Egorov<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Voronezh Institute of the Federal penitentiary service of Russia, Voronezh, Russia

<sup>2</sup> Academy of management of the Ministry of internal Affairs of Russia, Moscow, Russia

**Abstract:** The article presents an algorithm for servicing the largest number of requests for repair of elements of the integrated security system (ICS) within the specified time frame. The peculiarity of the algorithm is that the Directive service period is the active recovery time of the HMB, which is defined in GOST R 53704-2009 «Security systems are complex and integrated. General technical requirements». An algorithm for constructing an optimal sequence of servicing repair requests is also proposed. The optimal sequence is determined based on the lowest total delay time in completing service requests

within the policy time frame. The task of building schedules for servicing requests is analyzed subject to specified policy deadlines and penalties for violating certain policy deadlines. The issues of minimizing the number of applications served were also considered with delay and generalization of priority intervals for servicing requests for repair of HMB elements. The article presents two approaches to optimizing service requests for repair of elements of the ISF. The first algorithm provides the ability to service the largest number of repair requests during the active recovery time of the HMB. The second algorithm provides an opportunity to obtain an optimal sequence for servicing requests for repair of HMB elements, taking into account the total delay time at the end of the service within the specified time frame.

**Keywords:** algorithm, criterion, sequence, repair request, directive maintenance period, actual service completion time, active recovery time of the HMB.

**For citation:** Rossikhina L.V., Egorov E.Y. Development of optimization algorithms servicing requests for repair of elements integrated security system. *Modeling, Optimization and Information Technology*. 2020;8(1). Available from: [https://moit.vivt.ru/wp-content/uploads/2020/02/RossikhinaEgorov\\_1\\_20\\_1.pdf](https://moit.vivt.ru/wp-content/uploads/2020/02/RossikhinaEgorov_1_20_1.pdf) DOI: 10.26102/2310-6018/2020.28.1.021 (In Russ).

## Введение

В ходе эксплуатации интегрированной системы безопасности (далее – ИСБ) и ее элементов возникает необходимость проведения технического обслуживания и ремонта. Это обуславливается разного рода причинами: воздействия внешних факторов (погодные условия), внутренние факторы (ошибки персонала) и т.д.

Целью настоящего исследования является разработка алгоритма обслуживания наибольшего числа заявок на ремонт элементов ИСБ за активное время восстановления, определенное в ГОСТ Р 53704 – 2009 «Системы безопасности комплексные и интегрированные. Общие технические требования».

Для достижения поставленной цели будут решены следующие задачи:

- разработка алгоритма обслуживания наибольшего числа заявок на ремонт ИСБ за активное время восстановления;
- разработка алгоритма оптимальной последовательности обслуживания заявок на ремонт ИСБ.

## Материалы и методы

Анализ литературы показал, что задача построения расписаний обслуживания заявок с учетом заданных директивных сроков и штрафов за нарушение отдельных директивных сроков формализована в 60-70 годы прошлого века [1, 2, 3]. Ступенчатые функции штрафа исследовались в работах [4, 5]. Вопросы минимизации числа заявок, обслуживаемых с запаздыванием, рассматривались в работах [6, 7]. Обобщение этих результатов на случай, когда задано подмножество заявок, каждое из которых должно быть обслужено в срок, приведено в [8].

Понятие обобщенных интервалов очередности введено в работе [9]. Достаточные условия, при которых некоторая заявка из данного множества будет обслуживаться первой (или последней), представлены в работе [10].

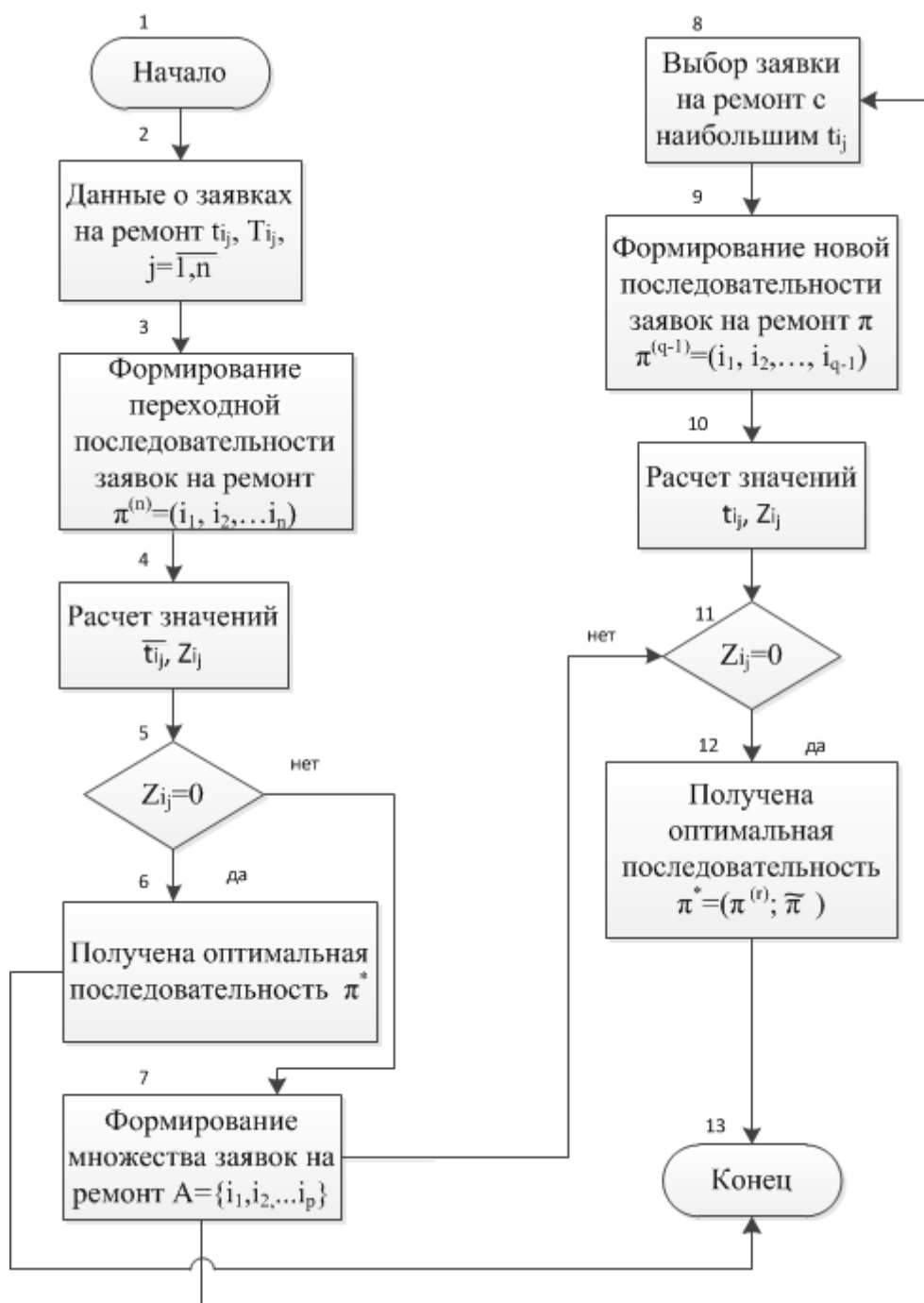


Рисунок 1 – алгоритм обслуживания наибольшего числа заявок на ремонт ИСБ  
 Figure 1-algorithm for servicing the largest number of requests for HMB repair

## Результаты

### Алгоритм обслуживания наибольшего числа заявок в директивные сроки

Рассмотрим задачу оптимизации обслуживания заявок на ремонт элементов интегрированной системы безопасности (далее – ИСБ) с учетом активного времени восстановления работоспособности ИСБ  $T_B$  [11].

*Постановка задачи.* Имеем  $n$  заявок на ремонт элементов ИСБ, которые обслуживаются за время  $t_{ij}$ ,  $j=\overline{1, n}$ ;  $T_{ij}$  – установленный (директивный) срок

обслуживания  $i_j$  заявки;  $Z_{i_j} = \max\left(0; \overline{t_{i_j}} - T_{i_j}\right)$ , где  $\overline{t_{i_j}}$  – фактическое время завершения обслуживания  $i_j$  заявки. Определить последовательность обслуживания наибольшего числа заявок на ремонт за активное время восстановления работоспособности ИСБ.

На Рисунке 1 представлен алгоритм решения задачи.

*Описание алгоритма.* Поступившие заявки на ремонт элементов ИСБ нумеруются в порядке не убывания значений  $T_{i_j}$ ;  $j=1, n$ , таким образом, формируется исходная последовательность заявок на ремонт  $\pi^{(n)}=(i_1, i_2, \dots, i_n)$  (блок 3). Если при обслуживании заявок в последовательности  $\pi^{(n)}$  все заявки обслуживаются в срок  $Z_{i_j}=0$  (блок 5), то эта последовательность оптимальна  $\pi^*$  (блок 6).

В противном случае последовательность заявок, упорядоченных по не убыванию их индексов, такова, что  $Z_{i_p}>0$  и  $Z_{i_j}=0$  при  $j<p$ . Тогда формируется множество заявок  $A=\{i_1, i_2, \dots, i_p\}$  (блок 7), среди которых выбирается заявка  $i_p$  с наибольшим значением  $t_{i_j}$  (блок 8). Данная заявка исключается из новой последовательности заявок на ремонт  $\pi^{(q-1)}=(i_1, i_2, i_{q-1})$  (блок 9).

В результате итерации (блок 7 – блок 11), будет получена последовательность  $\pi^{(r)}=(i_1, i_2, i_r)$ , для которой  $Z_{i_j}=0$ ,  $j = \overline{1, r}$ , а также оптимальная последовательность обслуживания заявок на ремонт  $\pi^*=(\pi^{(r)}; \tilde{\pi})$  (блок 12), где  $\tilde{\pi}$  – произвольная последовательность заявок, отличная от заявок множества  $(i_1, i_2, i_r)$ .

*Пример 1.* Требуется определить последовательность обслуживания заявок на ремонт элементов ИСБ объекта УИС, при которой наибольшее число мероприятий по ремонту выполняется в течение активного времени восстановления работоспособности ИСБ  $T_B$ .

Пусть мероприятия по ремонту пронумерованы в порядке возрастания (не убывания) установленных сроков завершения обслуживания  $k$ -ой заявки  $T_k$  (таблица 1),  $t_k$  – время обслуживания заявки,  $k = \overline{1, n}$ .

Активное время восстановления работоспособности ИСБ рассчитывается по формуле (1):

$$T_B = \frac{T_0(1 - K_G)}{K_G}, \quad (1)$$

где  $K_G$  – коэффициент готовности для ИСБ, расчетное время которого не должно быть менее 0,93;

$T_0$  – контрольное время обеспечения работоспособности составляющей ИСБ, выбирают по конкретным условиям применения и эксплуатации ИСБ на объекте УИС из ряда 24, 48, 72, 120, 340, 720, 2100 ч.

Пусть  $T_0=48$  ч, тогда  $T_B=3,6$  ч, округляя до целого значения [12], получаем  $T_B=4$  ч.

Таблица 1 – данные о мероприятиях по ремонту

Table 1-data on repair activities

k	Мероприятия по ремонту	$t_k$ , ч	$T_k$ , ч
1	Замена оконечных устройств (извещателей, абонентских громкоговорителей, телефонных аппаратов, видеокамер)	0,4	0,5
2	Закрепление конструкций и гибких соединений	0,5	1
3	Юстировка после замены оконечных устройств	0,5	1
4	Замена легкосъёмных элементов (аккумуляторные батареи, предохранители)	0,6	1,5
5	Замена составных механических частей	0,8	2
6	Замена соединительных линий электропитания и линий связи	1	3
7	Замена электронных компонентов (транзисторы, диоды, резисторы, конденсаторы)	1,5	4

### Обсуждение

1. Обслуживая заявки на ремонт в последовательности  $\pi^{(7)}=(1,2,3,4,5,6,7)$  получаем фактическое время  $\bar{t}_k$  завершения их обслуживания, равное соответственно 0,4; 0,9; 1,4; 2; 2,8; 3,8; 5,3. Рассчитываем значения  $Z_k = \max(0; \bar{t}_k - T_k)$ . Получаем  $Z_1=Z_2=0$ ;  $Z_3=0,4$ ;  $Z_4=0,5$ ;  $Z_5=0,8$ ;  $Z_6=0,8$ ;  $Z_7=1,3$ . Поскольку не все  $Z_k=0$ , то не все заявки на ремонт могут быть обслужены в установленные сроки восстановления работоспособности отдельных элементов ИСБ.

2. Сформируем множество  $A=\{1,2,3\}$  заявок на ремонт, из которого выберем заявку с наибольшим временем обслуживания  $t_k$ . В данном примере  $k=3$ . Обслуживая заявки на ремонт в последовательности  $\pi^{(6)}=(1,2,4,5,6,7)$ , получаем  $\bar{t}_1=0,4$ ;  $\bar{t}_2=0,9$ ;  $\bar{t}_4=1,5$ ;  $\bar{t}_5=2,3$ ;  $\bar{t}_6=3,3$ ;  $\bar{t}_7=4,8$ . Рассчитываем значения  $Z_1=Z_2=Z_4=0$ ;  $Z_5=0,3$ ;  $Z_6=0,3$ ;  $Z_7=0,8$ .

3. Из множества  $A=\{1,2,4,5\}$  выбираем заявку на ремонт с наибольшим  $t_k$ . В данном случае  $k=5$ . Получаем последовательность  $\pi^{(5)}=(1,2,4,6,7)$ . Рассчитываем значения  $\bar{t}_1=0,4$ ;  $\bar{t}_2=0,9$ ;  $\bar{t}_4=1,5$ ;  $\bar{t}_6=2,5$ ;  $\bar{t}_7=4$ , для которых все  $Z_k=0$ .

Следовательно  $\pi^*=(1,2,4,6,7,3,5)$  – оптимальная последовательность обслуживания заявок на ремонт.

За активное время восстановления работоспособности ИСБ будет обслужено пять заявок на ремонт.

### Алгоритм построения оптимальной последовательности обслуживания заявок

Рассмотрим задачу построения оптимальной последовательности обслуживания заявок на ремонт элементов ИСБ по критерию  $F_{\Sigma}(\pi) = \sum_{k=1}^n \varphi_k(x)$ , где  $\varphi_k(x) = \max(x - T_k, 0)$ ,  $k = \overline{1, n}$ ,  $x$  – момент завершения обслуживания заявки.

На Рисунке 2 представлен алгоритм решения задачи.

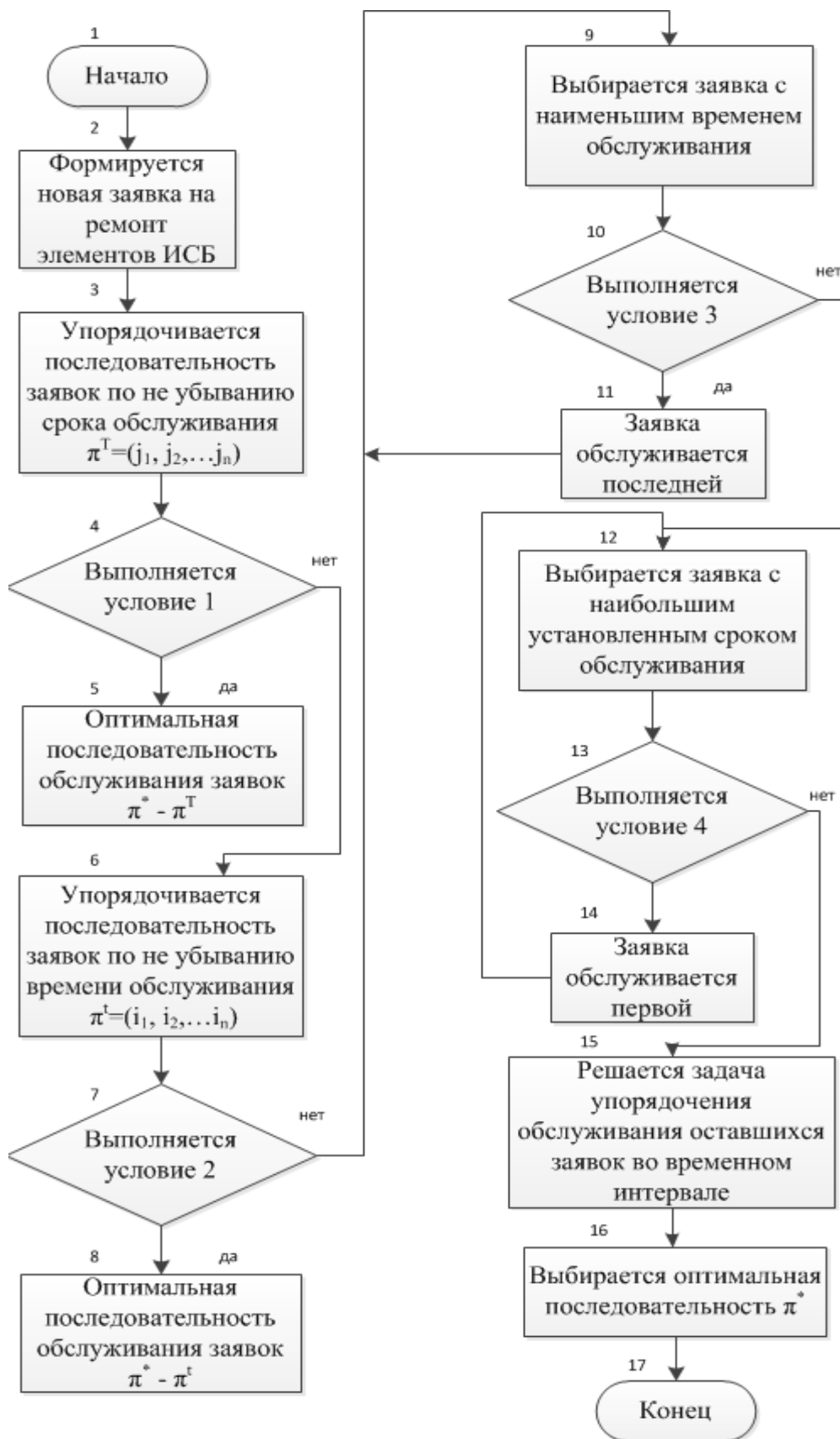


Рисунок 2 – алгоритм оптимальной последовательности обслуживания заявок  
 Figure 2-algorithm for optimal order processing sequence

*Описание алгоритма.*

Поступившие заявки на ремонт элементов ИСБ нумеруются в порядке не убывания значений  $T_k$ . Получается последовательность  $\pi^T(j_1, j_2, \dots, j_n)$   $T_{j_i} \leq T_{j_{i+1}}, i = \overline{1, n-1}$  (блок 3). Если при обслуживании заявок в последовательности  $\pi^T$  все заявки обслуживаются в срок, то есть выполняется условие (2) (блок 4)

$$\sum_{k=1}^i t_{j_k} \leq T_{j_i}$$

или

$$(2)$$

$$t_{j_n} + T_{j_i} \geq T = \sum_{k=1}^n t_k$$

то  $\pi^T$  – оптимальная последовательность (блок 5).

Либо поступившие заявки на ремонт элементов ИСБ нумеруются в порядке не убывания значений  $t_k$ . Получается последовательность  $\pi^t = (i_1, i_2, \dots, i_n)$ ,  $t_{i_j} \leq t_{i_{j+1}}, j = \overline{1, n-1}$  (блок 6).

Если при обслуживании заявок в последовательности  $\pi^t$  все заявки обслуживаются в срок, то есть выполняется условие (3) (блок 7)

$$T_{i_k} \leq T_{i_j}$$

или

$$(3)$$

$$T_{i_k} \leq \sum_{l=1}^{k-1} t_{i_l} + t_{i_j}, 1 \leq k < j \leq n$$

то  $\pi^t$  – оптимальная последовательность (блок 8).

Если последовательность  $\pi^T$  и  $\pi^t$  не удовлетворяют достаточным условиям оптимальности, то из множества  $N$  выбирается заявка на ремонт  $l_n$  с  $t_{l_n} = \max_{k \in N} t_k$  (блок 9).

Если выполняется условие

$$T_k \leq \max(t_{l_n}, T_{l_n}), k \in N \quad (4)$$

то в оптимальной последовательности, эта заявка обслуживается последней (блок 11). Исключается заявка  $l_n$  из множества  $N$ , рассматривается  $N_1 = N \setminus l_n$ , выбирается заявка  $l_{n-1}$  с  $t_{l_{n-1}} = \max_{k \in N} t_k$ . Если  $T_k \leq \max(t_{l_{n-1}}, T_{l_{n-1}}), k \in N_1$ , то заявка  $l_{n-1}$  в оптимальной последовательности обслуживается предпоследней.

Далее рассматривается множество  $N_2 = N_1 \setminus l_{n-1}$ . В результате итерационного процесса получается множество заявок  $\{l_{n-p+1}, \dots, l_n\}$ , которые в оптимальной последовательности обслуживаются последними.

$N_p$  - множество оставшихся заявок на ремонт.

Выбирается заявка  $l_{n-p}$  с  $T_{l_{n-p}} = \max_{k \in N_p} T_k$  (блок 8).

Если выполняется условие

$$t_{l_{n-p}} + T_k \geq \sum_{l \in N_p} t_l, k \in N_B \quad (5)$$

то в оптимальной последовательности заявки множества  $N_p$  обслуживаются первыми в порядке не убывания значений  $T_k$  (блок 14).

Если ни одна заявка на ремонт не удовлетворяет условию (5), то рассматривается множество  $M = N_p$ . Множество  $M$  разбиваются на два подмножества  $M_1$  и  $M_2$  следующим образом, если для  $j \in M$  существуют  $i \in M$  такое, что интервал

$\Theta_1 = 0$ ,  $\Theta_2 = \sum t_k$  является интервалом очередности типа  $i \rightarrow j$ , то  $j \in M_2$  остальные заявки принадлежат множеству  $M_1$ .

Рассматриваются все варианты обслуживания заявок множества  $M_1$  первыми в оптимальной последовательности всех заявок множества  $M$ . Для этого выбирается произвольная заявка  $l_1 \in M_1$ . Уменьшается значение  $T_k$  для всех  $k \in M$ ,  $k \neq l_1$ , на величину  $t_{l_1}$ . Определяются заявки, которые в оптимальной последовательности могут обслуживаться последними при выполнении условия (4) и первыми при выполнении условия (5) (блок 15). Вычисляется значение критерия оптимальности  $F_{\Sigma}(\pi)$ .

В результате получается конечное число последовательностей заявок на ремонт элементов ИСБ, среди которых выбирается искомая последовательность  $\pi^*$ , которой соответствует наименьшее значение критерия  $F_{\Sigma}(\pi)$  (блок 16).

*Пример 2.* Построим оптимальную (по критерию  $F_{\Sigma}(\pi) = \sum_{k=1}^n \varphi_k(x)$ ) последовательность  $\pi^*$  обслуживания заявок на ремонт с учетом  $\varphi_k(x) = \max(x - T_k, 0)$ ,  $k = \overline{1, n}$ . Значения  $t_k$  и  $T_k$  приведена в таблице 2.

Таблица 2 – данные о мероприятиях по ремонту  
 Table 2 – details of the arrangements for the repair

k	Мероприятия по ремонту	$t_k$ , ч	$T_k$ , ч
1	Замена соединительных линий электропитания и линий связи	1	1,2
2	Замена электронных компонентов (транзисторы, диоды, резисторы, конденсаторы)	1,5	4
3	Закрепление конструкций и гибких соединений	1,2	3
4	Замена оконечных устройств (извещателей, абонентских громкоговорителей, телефонных аппаратов, видеокамер)	0,4	0,5
5	Замена легкосъёмных элементов (аккумуляторные батареи, предохранители)	0,6	1
6	Юстировка после замены оконечных устройств	0,5	1,3
7	Замена составных механических частей	0,8	2,5

1. Упорядочим множество  $N = \overline{1,7}$  заявок на ремонт по не убыванию значений  $T_k$ , получим  $\pi^T(4, 5, 1, 6, 7, 3, 2)$ . Проверим выполнение условия оптимальной последовательности заявок на ремонт, т.е. условия обслуживания заявок в срок  $\sum_{k=1}^n t_k \leq T_n$ ,  $\sum_{k=1}^7 t_k = 6$ ,  $T_2 = 4$ .

Последовательность  $\pi^T$  не удовлетворяет достаточным условиям оптимальности.

2. Упорядочим множество заявок на ремонт по не убыванию значений  $t_k$ , получим  $\pi^t(4, 6, 5, 7, 1, 3, 2)$ .

Проверим выполнение условия оптимальной последовательности заявок на ремонт  $T_i \leq T_j$ ,  $1 \leq i < j \leq k$ . Условие не выполняется. Следовательно, последовательность  $\pi^t$  не удовлетворяет достаточным условиям оптимальности.

3. Рассмотрим множество  $N$  заявок для выбора заявки на обслуживание последней в оптимальной последовательности.

Выберем заявку  $l_7 = 2$  с  $t_{l_2} = \max_{k \in N} t_k = 1,5$ ,  $N = l_5 \overline{1,7}$ .

Так как  $T_k \leq \max(t_2, T_2) = 4$  для всех  $k \in N$ , то заявку 2 в искомой последовательности  $\pi^*$  можно обслуживать последней.

Из множества  $N_1 = N \setminus \{2\}$  выберем заявку  $l_i = 3$  с  $t_{l_i} = \max_{k \in N_1} t_k = 1,2$ .



Поскольку  $T_k \leq \max(t_3, T_3) = 3$  для всех  $k \in N_1$ , то заявку 3 в  $\pi^*$  можно обслуживать предпоследней.

Таким образом, заявки на ремонт 3, 2 могут обслуживаться последними в искомой последовательности.

4. Рассмотрим множество  $N_2 = N \setminus \{2,3\}$  для выбора заявки, которая в оптимальной последовательности заявок будет обслуживаться первой в порядке не убывания  $T_k$ . Среди заявок на ремонт множества  $N_2$  выбираем заявку  $l_5 = 7$  с  $T_{l_5} = \max_{k \in N_2} T_k = 2,5$ . Так как  $t_{l_5} + T_7 \geq \sum_{l \in N_2} t_l$ ,  $0,8 + 2,5 \geq 1 + 0,4 + 0,6 + 0,5 + 0,8$ ,

то в оптимальной последовательности  $\pi^*$  заявка на ремонт 7 будет обслуживаться пятой.

Перейдем к рассмотрению задачи упорядочения обслуживания оставшихся заявок на ремонт.

Рассмотрим множество  $M = N_2 \setminus \{7\}$  во временном интервале ( $\theta_1 = 0$ ,  $\theta_2 = \sum_{k \in M} t_k = 2,5$ ).

1 вариант. Пусть  $l_1 = 4$ . Уменьшим значение  $T_k$  для всех  $k \in M$ ,  $k \neq 4$ , на величину  $t_k = 0,4$  и перейдем к рассмотрению эквивалентной заявки оптимального обслуживания заявок в интервале (0;2,1), значения  $t_k$  и  $T_k$  приведены в таблице 3.

Таблица 3 – данные о заявках на ремонт

Table 3-data on repair requests

k	5	1	6
$t_k$	0,6	1	0,5
$T_k$	0,6	0,8	0,9

Выберем заявку  $l_4 = 1$ ,  $t_{l_4} = \max_{k \in \{1,5,6\}} t_k = 1$ . Так как  $T_k \leq \max(t_1, T_1) = 1$  для  $k = 5, 6$ .

Заявка 1 может обслуживаться четвертой по порядку.

Выбираем заявку  $l_2 = 6$  с  $T_{l_2} = \max_{k \in \{5,6\}} T_k = 0,9$ , так как  $t_{l_2} + T_6 \geq \sum t_i$ , то заявка 6 может обслуживаться второй.

Таким образом, получаем последовательность (6, 5, 1) с величиной  $F_{\Sigma}(\pi) = 0 + 0,5 + 1,3 = 1,8$ .

2 вариант. Пусть  $l_1 = 6$ . Уменьшаем значение  $T_k$  для всех  $k \in M$ ,  $k \neq 6$  на величину 0,5 и перейдем к рассмотрению эквивалентной задачи оптимального обслуживания заявок в интервале (0;2), значения  $t_k$  и  $T_k$  приведены в таблице 4.

Таблица 4 – данные о заявках на ремонт

Table 4-data on repair requests

k	4	5	1
$t_k$	0,4	0,6	1
$T_k$	0	0,5	0,7

Выберем заявку  $l_4 = 1$ ,  $t_{l_4} = \max_{k \in \{1,4,5\}} t_k = 1$ . Так как  $T_k \leq \max(t_1, T_1) = 1$  для  $k = 4, 5$ .

Заявка 1 может обслуживаться четвертой по порядку.

Выберем заявку  $l_3 = 5$ ,  $t_{l_3} = \max_{k \in \{4,5\}} t_k = 0,6$ , так как  $T_k \leq \max(t_5, T_5) = 0,6$

для  $k = 4$ , заявка 5 может обслуживаться третьей по порядку.

Таким образом, получаем последовательность (4, 6, 1) с величиной  $F_{\Sigma}(\pi) = 0,4 + 0,5 + 1,3 = 2,2$ .

Выберем вариант 1 – последовательность (6, 5, 1),  $l_1 = 4$  с наименьшей величиной  $F_{\Sigma}(\pi) = 1,8$ .

Тогда искомой последовательностью обслуживания заявок на ремонт является последовательность  $\pi^* = (4, 6, 5, 1, 7, 3, 2)$  и  $F_{\Sigma}(\pi^*) = 3,7$ .

### Заключение

В статье представлены два подхода к оптимизации обслуживания заявок на ремонт элементов ИСБ.

Разработан алгоритм обслуживания наибольшего числа заявок на ремонт в активное время восстановления работоспособности ИСБ. Приведен пример практического применения алгоритма.

Разработан алгоритм обслуживания оптимальной последовательности заявок на ремонт, полученной с учетом наименьшего суммарного времени задержек в завершении обслуживания в директивные сроки. Приведен пример практического применения алгоритма.

### ЛИТЕРАТУРА

1. McNaughton R. Scheduling with deadlines and loss functions. *Manag. Sci.* 1959;6(1):1-12.
2. Rothkopf M. Scheduling with random service times. *Manag. Sci.* 1966;12(9):707-713.
3. Гордон В.С., Танаев В.С. Прерывания в детерминированных системах с параллельными приборами и неодновременным поступлением требований на обслуживание. *Оптимизация систем сбора, передачи и обработки аналоговой и дискретной информации в локальных ИВС материалы. семинара ИТК БАН. – Минск, 1973:36-50.*
4. Lawler E.L., Moore J.M., A functional education and its application to resource allocation and sequencing problems, *Manag. Sci.* 1969;16(1):77-84.
5. Гордон В.С., Танаев В.С, Детерминированная система обслуживания с одним прибором и ступенчатыми функциями штрафа, *Сб. «Вычислит. техн. в машиностроении», 1971:3-8.*
6. Moore J.M., An n – job, jne machine sequencing algorithm for minimizing the number of late jobs, *Manag. Sci.* 1968;15(1):102-109.
7. Strum L.B. J.M., A simple optimality proof of Moore’s sequencing algorithm, *Manag. Sci.* 1970;17(1):116-118.
8. Sidney J.B., An extention of Moore’s due date algorithm, *Lect. Notes Econ. and Math. Syst.* 1973;86:393-398.
9. Emmons H., One – machine sequencing to minimize certain functions of job tardiness, *Operat. Res.* 1969;17(4):701-715.
10. Srinivasan V., A hybrid algorithm for the one machine sequencing problem to minimize total tardiness, *Nav. Res. Log. Quart.* 1971;18(3):317-327.
11. ГОСТ Р 53704-2009 «Системы безопасности комплексные и интегрированные. Общие технические требования».

### REFERENCES

1. McNaughton R. Scheduling with deadlines and loss functions. *Manag. Sci.* 1959;6(1):1-12.
2. Rothkopf M. Scheduling with random service times. *Manag. Sci.* 1966;12(9):707-713.
3. Gordon V. S., Tanaev V. S. Interrupts in deterministic systems with parallel devices and non-simultaneous receipt of service requirements. *Optimization of systems for collecting,*

*transmitting and processing analog and discrete information in local IVS: mater. ITK ban seminar. - Minsk, 1973:36-50.*

4. Lawler E.L., Moore J.M., A functional education and its application to resource allocation and sequencing problems, *Manag. Sci.* 1969;16(1):77-84.
5. Gordon V. S., Tanaev V. S., Deterministic service system with one device and step-by-step penalty functions, *Sat. «Compute. Techn. in mechanical engineering»*, 1971:3-8.
6. Moore J.M., An n – job, jne machine sequencing algorithm for minimizing the number of late jobs, *Manag. Sci.* 1968;15(1):102-109.
7. Strum L.B. J.M., A simple optimality proof of Moore’s sequencing algorithm, *Manag. Sci.* 1970;17(1):116-118.
8. Sidney J.B., An extention of Moore’s due date algorithm, *Lect. Notes Econ. and Math. Syst.* 1973;86:393-398.
9. Emmons H., One – machine sequencing to minimize certain functions of job tardiness, *Operat. Res.* 1969;17(4):701-715.
10. Srinivasan V., A hybrid algorithm for the one machine sequencing problem to minimize total tardiness, *Nav. Res. Log. Quart.* 1971;18(3):317-327.
11. *GOST R 53704-2009 «Complex security Systems and integrated. General technical requirements».*

#### ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ/ INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

**Россихина Лариса Витальевна**, профессор кафедры информационной безопасности телекоммуникационных систем, Воронежский институт ФСИН России, главный научный сотрудник Академии управления МВД России, доктор технических наук, доцент, Воронеж, Российская Федерация.  
*e-mail:* [rossihina\\_lv@mail.ru](mailto:rossihina_lv@mail.ru)

**Larisa V. Rossikhina** - Professor The Department Of Information Safety Of Telecommunication Systems, Voronezh Institute of the Federal penitentiary service of Russia, Chief Researcher Of The Academy of management of the Ministry of internal Affairs of Russia,, Doctor Of Technical Sciences, Associate Professor, Voronezh, Russian Federation.

**Егоров Егор Юрьевич**, адъюнкт, Воронежский институт ФСИН России, Воронеж, Российская Федерация.  
*e-mail:* [turop\\_34@mail.ru](mailto:turop_34@mail.ru)

**Egor Y. Egorov** - Adjunct, Voronezh Institute of the Federal penitentiary service of Russia, Voronezh, Russian Federation.