

УДК 625.25.071.8

Д. Н. ШЕВЧЕНКО, кандидат технических наук, И. Н. КРАВЧЕНЯ, кандидат технических наук, Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель; В. К. ГОЛИК, магистр технических наук, Белорусская железная дорога, г. Минск

ОПТИМИЗАЦИЯ ШТАТА РТУ СЦБ ДИСТАНЦИЙ СИГНАЛИЗАЦИИ И СВЯЗИ ПРИ ИХ ОБЪЕДИНЕНИИ

Рассмотрены достоинства и недостатки выделения ремонтно-технологических участков (РТУ) дистанций сигнализации и связи (ШЧ) в единое подразделение Бел. ж. д. Предложена математическая модель для определения штатной численности нового подразделения. Показана экономическая эффективность объединения РТУ на примере ШЧ Гомельского отделения и возможность оптимизации штата подразделения.

Введение. В настоящее время на Бел. ж. д. эксплуатируется более 150 типов аппаратуры сигнализации, централизации и блокировки (СЦБ), среди которых 640 тысяч реле, фильтры, усилители, генераторы и проч. Ремонт и периодическая проверка аппаратуры СЦБ выполняется в ремонтно-технических участках (РТУ СЦБ) дистанций сигнализации и связи (ШЧ).

Большая номенклатура аппаратуры СЦБ и жесткие требования к своевременности ее проверки заставляют в РТУ СЦБ каждого из 15 ШЧ Бел. ж. д. содержать большой штат квалифицированных электромехаников (ШН) и электромонтеров (ШЦМ). Современные тенденции оптимизации численности сотрудников предприятий вынуждают искать новые более эффективные способы организации работы. Один из таких вариантов – объединение РТУ СЦБ различных ШЧ в единое самостоятельное подразделение.

Преимущества и недостатки объединения РТУ СЦБ. Объединение РТУ СЦБ нескольких ШЧ в единое подразделение имеет ряд очевидных преимуществ.

1 Оптимизация штата. Подтверждение этого преимущества выполняется в следующей части данной статьи.

2 Минимизация количества аппаратуры СЦБ, находящихся в технологическом запасе РТУ СЦБ. В настоящее время стандарт отрасли [1] регламентирует нормы обменного фонда сменяемой аппаратуры СЦБ. В среднем эта норма составляет 10–12 % от количества аппаратуры, эксплуатируемой в каждом ШЧ и должна обеспечивать разовую замену аппаратуры на самом протяжённом перегоне автоблокировки конкретной ШЧ. Таким образом, объединяя РТУ СЦБ нескольких ШЧ фактический обменный фонд возрастает в разы, а норма не изменяется (при этом, однако, следует разнести во времени замены аппаратуры на различных участках ж. д.

3 Минимизация количества оборудования, энерго- и трудозатрат на проверку и ремонт аппаратуры СЦБ (за счет использования специальных стендов). РТУ СЦБ должны специализироваться на небольшом количестве аппаратуры, имея для этого специальные средства автоматизации. При этом следует перенаправлять потоки аппаратуры в те РТУ СЦБ, которые обеспечивают минимальные сроки проверки и ремонта.

4 Единое управление и система повышения квалификации.

5 Улучшение качества проверки и ремонта аппаратуры СЦБ в связи с большей специализацией персонала и использования специального оборудования.

6 Равномерная загрузка работников РТУ СЦБ в связи с возможностью перераспределения потоков проверяемой аппаратуры между ШЧ.

7 Новое объединенное подразделение РТУ СЦБ будет заинтересовано в закупке специальных стендов для автоматизации работ. Срок окупаемости таких стендов будет невелик. В настоящее время ШЧ не покупают подобных стендов ввиду их большого срока окупаемости в масштабах одной дистанции.

Наряду с достоинствами объединение РТУ СЦБ имеет ряд недостатков:

- 1) рассредоточенная структура;
- 2) необходимость эффективного управления потоками проверяемой и ремонтируемой аппаратуры для минимизации транспортных расходов и обеспечения равномерной загрузки работников;
- 3) увеличиваются затраты на транспортировку аппаратуры СЦБ;
- 4) нестабильность работы структуры на начальном этапе.

Математическая модель оптимизации штата, объединенного РТУ СЦБ. Для обоснования возможности оптимизации штата сотрудников РТУ СЦБ предлагается следующая математическая модель массового обслуживания. Её графическое изображение дано на рисунке 1.

Аппаратура СЦБ i -го типа поступает в РТУ СЦБ образует два потока: поток отказавшей аппаратуры и поток периодически проверяемой аппаратуры.

Интервалы времени между поступлением аппаратуры в ремонт имеют экспоненциальное распределение с интенсивностью

$$\lambda_i^* = n_i \lambda_i, \quad (1)$$

где n_i – количество аппаратуры i -го типа, обслуживаемой в РТУ СЦБ;

λ_i – интенсивность отказов аппаратуры i -го типа, определяемая статистически, 1/ч.

Интервалы времени между поступлением аппаратуры для проверки имеют равномерное распределение со средним значением

$$m_i^* = (T_i + t_i) / (2n_i), \quad (2)$$

где T_i и t_i – соответственно, максимальная и минимальная периодичность проверки аппаратуры i -го типа (для различных условий эксплуатации), ч [2].

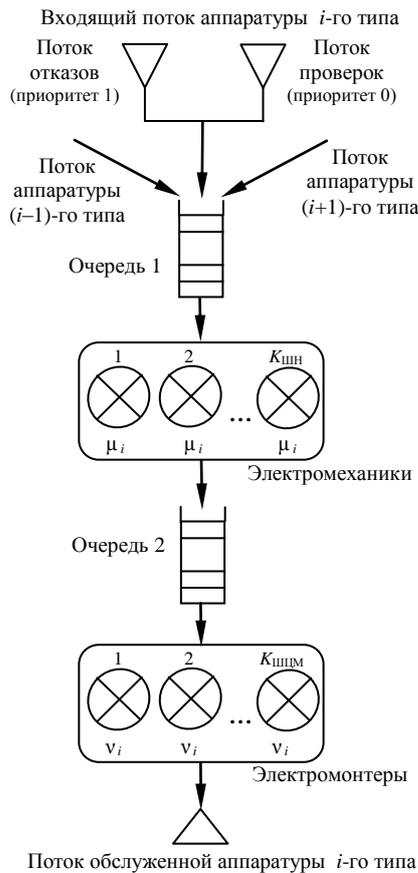


Рисунок 1 – Концептуальная модель обслуживания аппаратуры СЦБ

Поступившая аппаратура ожидает обслуживания в Очереди 1 и поступает на обслуживание к одному из $K_{ШМ}$ свободных электромехаников. После обслуживания электромехаником аппаратура поступает в очередь 2 и на обслуживание одним из $K_{ШММ}$ электромонтеров. Аппаратура, поступившая в ремонт (после отказа), обслуживается с большим приоритетом, чем проверяемая аппаратура.

Время обслуживания аппаратуры i -го типа подчинено равномерному закону распределения со средним значением, равным нормативному значению времени проверки/ремонта аппаратуры электромехаником μ_i и электромонтером ν_i [3].

После проверки/ремонта аппаратура покидает систему массового обслуживания.

Процедура имитационного моделирования выполняется с учетом 8-часового рабочего дня, 5-дневной рабочей недели, праздничных и отпусковых дней. Длительность моделирования составляет 30 лет, что соответствует двум наибольшим межпроверочным периодам аппаратуры СЦБ (15 лет) [2].

В качестве критериев, используемых для определения оптимального числа работников РТУ СЦБ, будем рассматривать коэффициенты загрузки:

- электромехаников;
- электромонтеров.

Допустимый коэффициент загрузки работников РТУ СЦБ (с учетом уровня автоматизации и специфики работ) принимается равным 0,85–0,9. Это значение обусловлено следующими обстоятельствами. Коэффициент загрузки машиниста при ведении поезда по горному участку в соответствии с расписанием в среднем равен 0,72, а в режиме ликвидации опоздания возрастает до 0,79 [4]. Допустимое значение коэффициента загрузки диспетчера управления воздушным движением принимается равным 0,55; а предельно допустимое значение – 0,7 [5]. Коэффициент загрузки поездного диспетчера (ДПЦ) для систем четвертой категории сложности (по тяжести и напряженности труда) и работам группы «В» (по режиму работы с компьютером) не должен превышать 0,75 [6].

Реализация модели. Предложенная модель массового обслуживания реализована в пакете автоматизации имитационного моделирования GPSS World [7]. При этом на примере трех ШЧ Гомельского отделения Бел. ж. д. были реализованы две следующие стратегии обслуживания.

Стратегия 1 (обслуживание по принадлежности). Каждый РТУ СЦБ обслуживает только аппаратуру своего ШЧ (существующая стратегия, рисунок 2, а).

Стратегия 2 (обслуживание по специализации). Проверяемая аппаратура направляется в один из РТУ СЦБ, который специализируется на обслуживании данного типа аппаратуры (рисунок 2, б).

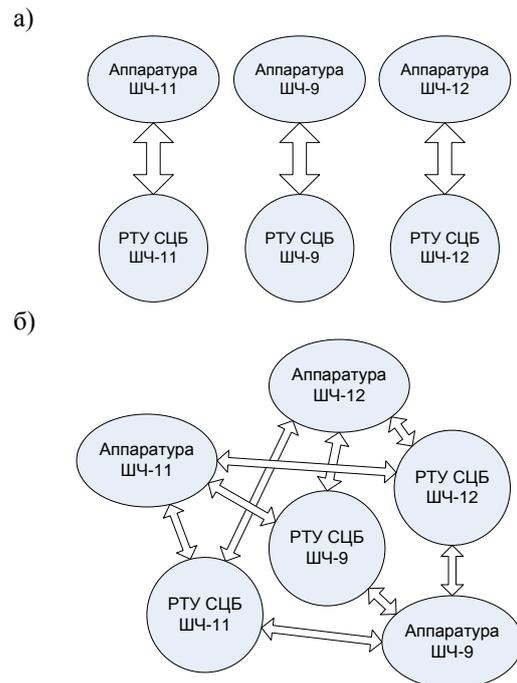


Рисунок 2 – Стратегии обслуживания аппаратуры СЦБ

Допущения модели

1 Все работники РТУ СЦБ могут обслуживать все виды аппаратуры.

2 Время обслуживания аппаратуры определяется существующими нормативами. Хотя в некоторых РТУ СЦБ уже используются средства автоматизации.

3 Ранее отмечалось, что аппаратура СЦБ весьма разнообразна (более 150 типов), и учитывать в имитационной модели все ее особенности затруднительно (ведет к

усложнению модели и проблеме получения исходных данных). Поэтому выполним объединение аппаратуры СЦБ 10 классов. Внутри класса основные показатели аппаратуры (интенсивность отказов, минимальная и максимальная периодичность проверки, нормативное время проверки) должны быть наиболее близки между собой. Для кластеризации аппаратуры используем метод «дальнего соседа» (Complete Linkage, Furthest Neighbor), который подразумевает, что новый объект присоединяется к тому классу, самый далекий элемент которого находится ближе к новому объекту, чем самые далекие элементы других классов. Данный метод тяготеет к выделению большого числа компактных кластеров, состоящих из наиболее похожих элементов. Внутри класса основные характеристики аппаратуры определяются средневзвешенным значением с учетом их количества.

4 В имитационной модели учитываются только работники РТУ СЦБ, занимающиеся проверкой и ремонтом аппаратуры. Штатные сотрудники, участвующие в замене аппаратуры на ж. д. участках, в модели не учитываются.

Полученные результаты. Результаты имитационного моделирования РТУ СЦБ по двум стратегиям (см. рисунок 2) представлены в таблицах 1 и 2, соответственно.

Из таблицы 1 видно, что РТУ СЦБ ШЧ-9 (Гомель) работает в режиме перегрузки, что отрицательно сказывается на качестве работы. Для нормализации коэффициента загрузки требуется увеличить штат ШЧ-9 на 4 работника. Аналогичная ситуация характерна для ШЧ-12 (Жлобин), где требуется 2 дополнительных работника. А в ШЧ-11 (Калинковичи), напротив, штат работников можно сократить на 2 единицы.

Таблица 1 – Имитационное моделирование стратегии 1

РТУ СЦБ		Фактически		Оптимально	
		Количество	Коэффициент загрузки	Количество	Коэффициент загрузки
ШЧ-9	ШН	14	1	16	0,901
	ШЦМ	5	0,998	7	0,776
	Всего	19	0,9995	23 (+4)	0,8630
ШЧ-11	ШН	16	0,787	14	0,9
	ШЦМ	6	0,823	6	0,823
	Всего	22	0,7968	20 (-2)	0,8769
ШЧ-12	ШН	13	0,969	14	0,9
	ШЦМ	5	0,915	6	0,762
	Всего	18	0,9540	20 (+2)	0,8586

В итоге при существующей стратегии обслуживания аппаратуры (рисунок 2, а) РТУ СЦБ Гомельского отделения Бел. ж. д. требуется 4 дополнительных работника.

Рассматривая результаты моделирования, объединенного (в рамках Гомельского отделения) РТУ СЦБ,

можно заметить, что для нормализации его коэффициента загрузки требуется всего 2 дополнительных сотрудника вместо 4 при использовании существующей стратегии, когда каждый участок обслуживает аппаратуру только своей дистанции.

Таблица 2 – Имитационное моделирование стратегии 2

РТУ СЦБ	Фактически		Оптимально	
	Количество	Коэффициент загрузки	Количество	Коэффициент загрузки
ШН	43	0,921	44	0,9
ШЦМ	16	0,938	17	0,883
Всего	59	0,9256	61 (+2)	0,8953

Заключение. 1 В работе показано, что существующий штат РТУ СЦБ различных ШЧ не оптимизирован. Многие участки работают с перегрузкой.

2 За счет перехода от стратегии обслуживания аппаратуры СЦБ по принадлежности к ШЧ к новой стратегии обслуживания «по специализации» РТУ СЦБ можно выровнять и несколько снизить коэффициент загрузки работников.

3 С учетом прочих преимуществ объединение РТУ СЦБ нескольких ШЧ весьма актуально.

4 Предложенная математическая модель учитывает вероятностный характер потока отказавшей аппаратуры и времени ее проверки и ремонта. Она может использоваться как для определения нормативного штата РТУ СЦБ, так и для его оптимизации при изменении структуры подразделений РТУ СЦБ, автоматизации технологических процессов или некоторых его этапов.

Список литературы

1 **СТП 19.284–2014.** Организация работ в ремонтно-технологическом участке сигнализации, централизации и блокировки дистанции сигнализации и связи.

2 **СТП 09150.19.058–2007.** Требования к техническому обслуживанию устройств сигнализации, централизации и блокировки.

3 **Типовые** нормы на проверку и ремонт аппаратуры СЦБ в РТУ. – Перераб. и доп. – М. : Трансиздат, 2001. – 131 с.

4 **Оптимальное** плечо для машиниста // Локомотив. – № 8. – 2005.

5 **Постановление** Министерства транспорта и коммуникаций Республики Беларусь от 31 марта 2008 г. № 43 "Об утверждении авиационных правил "Методика определения пропускной способности органов диспетчерского обслуживания воздушного движения".

6 **Требования** эргономики и методики НИИ труда по комплексной оценке работы.

7 **Шевченко, Д. Н.** Имитационное моделирование на GPSS: учеб.-метод. пособие для студентов технических специальностей / Д. Н. Шевченко, И. Н. Кравченя. – Гомель : БелГУТ, 2007. – 97 с.

Получено 17.03.2016

D. N. Shevchenko, I. N. Kravchenya, V. K. Holik. Staff RTS ASCB optimization of distances alarm system and communication at their combination.

The merits and demerits of combination repair and technological sites (RTS) of distances alarm system and communication (ShCh) to uniform division of the Belarusian railway are considered. The mathematical model can be used for determination staff number of the new division. Economic efficiency of RTS combination is shown on the example of the Gomel ShCh. The possibility of staff optimization is shown.