

Интеллектуальные системы управления

УДК 656.211:658

И. М. Кокурин, д-р техн. наук

ФГБУН «Институт проблем транспорта им. Н. С. Соломенко
Российской академии наук»

К. Е. Ковалев

Кафедра «Управление эксплуатационной работой»,
Петербургский государственный университет путей сообщения
Императора Александра I

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ФУНКЦИЙ И ЗОН УПРАВЛЕНИЯ МЕЖДУ ОПЕРАТИВНЫМ ПЕРСОНАЛОМ УЧАСТКОВЫХ СТАНЦИЙ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЦЕНТРАЛИЗАЦИИ

Введение должности второго (третьего) дежурного по крупной участковой станции при проектировании ЭЦ вызывает необходимость обеспечения их средствами контроля и управления объектами централизации, для чего требуется определять границы управляемых зон. Отсутствие соответствующей методики приводит к принятию не лучших проектных решений по организации рабочих мест дежурных по станциям, которые практически не заменяют после реализации проекта ЭЦ. Это создает неравномерную загруженность и затруднения в работе дежурных по станциям, влечет за собой неправильные решения и ошибочные действия. В данной статье предлагается метод комплексной оценки вариантов распределения функций и зон управления между оперативным персоналом участковых станций по набору количественных критериев, «вес» которых определяется по величине разности максимальных и минимальных значений каждого из них.

участковые станции, электрическая централизация, функции и зоны управления, оперативный персонал, распределение зон и функций управления, критерии оценки вариантов распределения, количественный способ оценки «веса» критерия, комплексный критерий оценки вариантов

Введение

Нормы технологического проектирования [1] содержат расчет загрузки только одного дежурного по станции. Инструкция [2] позволяет рассчитать загрузку одного дежурного по станции и в случае превышения допустимой нормы реко-

мендует введение должности второго (третьего) дежурного, но не содержит методику определения затрат времени на согласование их действий, что исключает возможность распределения зон управления. В работах [3–5] распределять зоны управления между дежурными по сортировочным и крупным пассажирским станциям предлагалось только по условию неперевышения допустимой загрузки. В работах [6, 7] предложен количественный критерий оценки суммарной сложности деятельности железнодорожного оперативного персонала, уменьшение которого способствует сокращению не лучших и ошибочных решений по управлению движением. Этих двух критериев для оценки условий работы дежурных по станциям недостаточно. Кроме того, остается нерешенной задача комплексной оценки вариантов распределения функций и зон управления между оперативным персоналом по необходимому набору критериев в процессе проектирования ЭЦ.

Зарубежный опыт снижения загрузки и совершенствования работы оперативного персонала железнодорожных станций направлен на широкое внедрение автоматизированных систем управления с целью повышения эффективности работы станций и снижения ошибок, связанных с человеческим фактором.

Согласно японскому опыту, необходима автоматизация функций управления передвижениями, включая контроль положений стрелок, показаний светофоров, расположения подвижных единиц с указанием их номеров. Автоматизированные системы управления крупными станциями Centralized traffic control (CTC), Integrated services digital network (INS), ID-ATC system, Automatic Train Control (ATC) [8] обеспечивают: ускорение принятия решений и установку маршрутов; автоматизацию создания условий для восстановления движения поездов по расписанию. Испытания показали, что эффективность работы интеллектуальных систем на 30÷32 % ниже, чем у оперативного персонала, поскольку системы не в состоянии учесть все факторы, оказывающие влияние на движение поездов.

В США считают необходимым создание автоматизированных систем различного назначения: Automatic train protection (ATP), предназначенной для регулирования движения поездов на перегонах; Automatic train control 2 (ATC or ATO), предназначенной для обеспечения безопасности передвижений по станциям; Automatic train supervision (ATS) – системы диспетчерского управления на основе систем диспетчерской централизации.

Испытания указанных систем показали, что наработка на отказ составляет всего 109 часов, это потребовало дублирования рабочих мест оперативного персонала. Поэтому на железнодорожных станциях США оборудуются три рабочих места дежурного по станции (основное, дублирующее и резервное) и каждые 6 часов необходимо переходить на другое рабочее место [9, 10].

На железных дорогах Англии широкое распространение получила система Westinghouse Rail Systems, в которой на языке программирования записана релейная логика и булевы функции, что позволило отказаться от громоздкой

маршрутно-релейной централизации и перейти на программное управление работой станции [11].

Оперативно-диспетчерский персонал был и остается основным звеном управления. Попытки полностью автоматизировать перевозочный процесс доказали, что человек работает эффективнее. Поэтому автоматизация должна быть направлена на предоставление достоверной и своевременной оперативной информации о выполняемых операциях в удобной и легко воспринимаемой форме.

1 Метод алгоритмического описания функций управления

Решение задачи достигается на основе методики алгоритмического описания функций управления, с использованием модифицированного языка логической структуры алгоритмов (ЛСА) [12, 13], реализуемых дежурными по участковым станциям [14–17]. Методика позволяет рассчитывать загруженность персонала и общую сложность алгоритмов. В дополнение к известным предлагаются следующие критерии оценки вариантов распределения функций и зон управления: количество устанавливаемых маршрутов и дополнительных транзитных грузовых поездов за смену, доводящих загруженность дежурного до нормы, месячный фонд заработной платы оперативного персонала смены.

На основе алгоритмического описания функций управления определяются затраты времени дежурного по станции на выполнение каждой r -й функции управления t_{ovr} по формуле:

$$t_{ovr} = \sum_{i=1}^m t_{oi} + \sum_{j=1}^n t_{oj} q_j + \sum_{k=1}^n t_{ok} (1 - q_j), \forall v, r,$$

где t_{oi} – затраты времени на безусловное выполнение i -го блока операторов алгоритма; m – количество безусловно выполняемых блоков операторов в алгоритме r -й функции управления; t_{oj} – затраты времени на выполнение j -го блока операторов при условии q_j в алгоритме r -й функции управления; n – количества j -х и k -х блоков операторов в алгоритме r -й функции управления; t_{ok} – затраты времени на выполнение k -го блока операторов при условии $1 - q_j$ в алгоритме r -й функции управления; v – наблюдение затрат времени на выполнение каждого оператора алгоритма r -й функции управления.

Оценка математического ожидания $\hat{E} t_{ovr}$ затрат рабочего времени на выполнение r -й функции управления определяется выражением:

$$\hat{E} t_{ovr} \approx \frac{1}{w} \sum_{v=1}^w t_{ovr}, \forall r,$$

где w – количество наблюдений затрат времени на выполнение каждого оператора алгоритма и соблюдения логического условия r -й функции управления.

В соответствии с законом больших чисел (теорема Чебышева) [18] при увеличении количества наблюдений случайной величины затрат времени на выполнение r -й функции управления их среднее арифметическое $\frac{1}{w} \sum_{w=1}^w t_{ovr}$ сходится по вероятности к математическому ожиданию Et_{ovr} :

$$P\left(\left|\frac{1}{w} \sum_{w=1}^w t_{ovr} - Et_{ovr}\right| < \varepsilon\right) > 1 - \delta \text{ при } w \rightarrow \infty,$$

где ε, δ – сколь угодно малые положительные числа.

Следовательно, оценку математического ожидания \hat{Et}_{ovr} следует использовать как детерминированную величину.

Результаты оценок математических ожиданий затрат рабочего времени на выполнение всех функций управления составляют основу для определения загрузки оперативного работника участковой станции за смену. Загрузку оперативного персонала, рассчитанную на основе алгоритмического описания функций управления, с целью сокращения описания, предлагается называть загруженностью и рассчитывать по формуле:

$$T_3 = \sum_{r=1}^s \hat{Et}_{ovr} n_r,$$

где \hat{Et}_{ovr} – оценка математического ожидания затрат рабочего времени на выполнение r -й функции управления; n_r – количество функций r -го типа, выполняемых за смену, $\forall r$; s – количество типов функций управления, выполняемых оперативным работником за смену.

Рекомендуемое значение загрузки составляет 576 мин, допустимое значение – 675 мин [2].

2 Оценка вариантов распределения функций и зон управления между оперативным персоналом участковых станций

Алгоритмическое описание функций управления позволяет рассчитывать и использовать в качестве критерия оценки вариантов распределения функций и зон управления показатель общей сложности алгоритма каждой функции S_0 [6]:

$$S_0 = \frac{V_a Z}{L},$$

где V_a – напряженность выполнения алгоритма; Z – стереотипность алгоритма; L – логическая сложность алгоритма.

Напряженность выполнения алгоритма рассчитывается по формуле:

$$V_a = \frac{K + m}{\tau},$$

где K , m – количества операторов K и логических условий m в алгоритме; τ – затраты времени на выполнение алгоритма.

Стереотипность рассчитывается по формуле:

$$Z = \sum_{i=1}^l P_i^{(0)} X_i^{(0)},$$

где $X_i^{(0)}$ – число последовательно выполняемых операторов в i -й группе без логических условий и переходов; $P_i^{(0)}$ – вероятность выполнения i -й группы; l – количество групп операторов в алгоритме.

Логическая сложность для рассматриваемых алгоритмов $L = m$.

Общая сложность деятельности работников смены S_{0k} равна сумме общих сложностей выполнения алгоритмов их функций управления:

$$S_{0ck} = \sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^m S_{0ijk}, \forall k,$$

где m – количество функций управления i -го оперативного работника смены; n – количество оперативных работников в смене; k – вариант распределения функций и зон управления.

Количество маршрутов, устанавливаемых за смену, определяется количеством передвижений по формуле:

$$n_{\text{общ}} = n_{\text{пас}} + n_{\text{приг}} + n_{\text{тр.гр}} + n_{\text{расф}} + n_{\text{форм}} + n_{\text{пв}} + n_{\text{пр}},$$

где $n_{\text{пас}}$, $n_{\text{приг}}$, $n_{\text{тр.гр}}$, $n_{\text{расф}}$, $n_{\text{форм}}$, $n_{\text{пв}}$, $n_{\text{пр}}$ – количество передвижений за смену соответственно пассажирских, пригородных, транзитных грузовых, расформировываемых и формируемых поездов, а также подач вагонов на пути необщего пользования и прочих передвижений.

При загруженности дежурного по станции $T_{3.ф}^{\text{max}}$ менее нормы $T_{3н}$ количество дополнительных поездов $N_{\text{д}}$, которое увеличит загруженность до нормы, определяется по формуле:

$$N_{\text{д}} = \frac{T_{3н} - T_{3.ф}^{\text{max}}}{\hat{E} t_{\text{ovr}}},$$

где $\hat{E}t_{ovr}$ – оценка математического ожидания затрат времени дежурного по станции на организацию пропуска поезда; возможность увеличения количества которых за смену требуется определить.

Фонд повременно-премиальной тарифной оплаты труда оперативного персонала станции определяется по формуле:

$$\PhiЗП = (З_{ст} + К_{пр} + К_{комп}) \cdot k_{соц.н} \text{ тыс. руб./мес.},$$

где $З_{ст}$ – почасовая тарифная ставка; $К_{пр}$ – премиальные выплаты; $К_{комп}$ – компенсационные выплаты; $k_{соц.н}$ – коэффициент отчислений на социальные нужды, равный 1,307.

Количественные значения критериев для сравнения вариантов распределения функций и зон управления, выражаемые в различных единицах измерения, необходимо представить в виде относительных величин, которые для максимизируемых критериев принимаются положительными (α_{maxij}), а для минимизируемых – отрицательными ($-\alpha_{minij}$) и определяются по формулам:

$$\alpha_{maxij} = \frac{\alpha_{ij}}{\sum_{i=1}^m \alpha_{ij}}, i = 1, \dots, m, j = 1, \dots, k; \quad -\alpha_{minij} = -\frac{\alpha_{ij}}{\sum_{i=1}^m \alpha_{ij}}, i = 1, \dots, m; j = 1, \dots, n - k,$$

где α_{ij} – величина j -го критерия для i -го варианта распределения функций и зон управления; m – количество оцениваемых вариантов; n – количество критериев оценки вариантов; k – количество максимизируемых критериев оценки вариантов; $n - k$ – количество минимизируемых критериев оценки вариантов.

Вес относительных критериев, оценки вариантов распределения функций и зон управления, обычно определяемый на основе экспертных оценок, предлагается рассчитывать по степени его влияния на комплексную оценку по формуле:

$$\Delta_{mmij} = |\alpha_{maxij}| - |\alpha_{minij}|, \forall i, j,$$

где Δ_{mmij} – разности абсолютных значений максимальной α_{maxij} и минимальной α_{minij} величин j -го критерия для каждого i -го варианта.

Относительная величина веса критерия w_j :

$$w_j = \frac{\Delta_{mmij}}{\sum_{j=1}^n \Delta_{mmij}}.$$

Комплексные взвешенные оценки вариантов распределения функций и зон управления по всем критериям C_{wij} определяются по выражению:

$$C_{wij} = \sum_{j=1}^k w_j \alpha_{\max ij} - \sum_{j=1}^{n-k} |w_j \alpha_{\min ij}|, \forall i,$$

где k – количество максимизируемых критериев; $n - k$ – количество минимизируемых критериев.

Лучший вариант распределения функций и зон управления между дежурными по участковой станции определяется по максимальному значению комплексного критерия.

Использование комплексного критерия для оценки вариантов распределения функций и зон управления (табл. 1–4), рассматривается на примере крупной участковой станции поперечного типа при следующих размерах движения в дневную/ночную смены: пассажирских поездов 20/50; пригородных поездов 7/5; транзитных грузовых поездов без переработки 106/71; транзитных грузовых поездов с переработкой 9/9; отправляемых поездов своего формирования 7/8; принимаемых на станцию прочих подвижных единиц 6/6; пропускаемых

Таблица 1. Количественные значения критериев оценки вариантов распределения функций и зон управления между оперативным персоналом смены

Критерии оценки вариантов	Варианты распределения функций и зон управления					
	Направлен- ные улуч- шения критерия	Дежур- ный и опера- тор	Дежур- ный и по- мощник	Два де- журных при рас- преде- нии зон управ- ления по паркам станции	Два де- журных при рас- преде- нии зон управ- ления по райо- нам стан- ции	Сумма
1. Затраты рабочего времени смены, мин	min	1033,6	1083,0	1082,7	1169,3	4368,6
2. Общая сложность деятельности работников смены	min	359,7	362,6	269,4	322,8	1314,5
3. Количество маршрутов за смену	min	185	185	185	318	873
4. Количество дополнительных транзитных грузовых поездов в смену	max	25	28	19	35	107
5. Месячный фонд оплаты труда оперативного персонала смены, руб.	min	33 134,4	33 382,8	38 656,8	38 686,8	143 860,8

Таблица 2. Значения относительных критериев оценки вариантов распределения функций и зон управления

Критерии оценки вариантов	Варианты распределения функций и зон управления			
	Дежурный и оператор $\alpha_{\max i} - \alpha_{\min i}$	Дежурный и помощник $\alpha_{\max i} - \alpha_{\min i}$	Два дежурных при распределении зон управления по паркам станции $\alpha_{\max i} - \alpha_{\min i}$	Два дежурных при распределении зон управления по районам станции $\alpha_{\max i} - \alpha_{\min i}$
1. Затраты рабочего времени смены, мин	-0,24	-0,25	-0,25	-0,27
2. Общая сложность деятельности работников смены	-0,27	-0,28	-0,20	-0,25
3. Количество маршрутов за смену	-0,21	-0,21	-0,21	-0,36
4. Количество дополнительных транзитных грузовых поездов в смену	0,23	0,26	0,18	0,33
5. Месячный фонд оплаты труда оперативного персонала смены, руб.	-0,23	-0,23	-0,27	-0,27

Таблица 3. Оценки веса каждого относительного критерия

Критерии	Максимум критерия $\alpha_{\max ij}$	Минимум критерия $\alpha_{\min ij}$	Разность максимума и минимума критерия Δ_{mnj}	Вес критерия w_j
1. Затраты рабочего времени смены, мин	0,27	0,24	0,03	0,071
2. Общая сложность деятельности работников смены	0,28	0,20	0,07	0,161
3. Количество маршрутов за смену	0,36	0,21	0,15	0,346
4. Количество дополнительных транзитных грузовых поездов в смену	0,33	0,18	0,15	0,339
5. Месячный фонд оплаты труда оперативного персонала смены, руб.	0,27	0,23	0,04	0,083
Сумма величин			0,44	1,0

Таблица 4. Значения комплексного критерия оценки вариантов распределения функций и зон управления

Взвешенные критерии оценки вариантов	Варианты распределения функций и зон управления			
	Дежурный и оператор	Дежурный и помощник	Два дежурных при распределении зон управления по паркам станции	Два дежурных при распределении зон управления по районам станции
1. Затраты рабочего времени смены, мин	-0,017	-0,017	-0,017	-0,019
2. Общая сложность деятельности работников смены	-0,044	-0,044	-0,033	-0,040
3. Количество маршрутов за смену	-0,073	-0,073	-0,073	-0,126
4. Количество дополнительных транзитных грузовых поездов в смену	0,079	0,089	0,060	0,111
5. Месячный фонд оплаты труда оперативного персонала смены, руб.	-0,019	-0,019	-0,022	-0,022
Комплексный критерий C_{wij}	-0,074	-0,066	-0,086	-0,096

по станции прочих подвижных единиц 4/4; передвижения составов при обслуживании путей необщего пользования 9/9.

В результате оценки по комплексному критерию лучшим вариантом распределения функций и зон управления является работа дежурного по станции с помощником ($C_{wij} = -0,066$). Поэтому при заданных объемах поездной и местной работы на рассматриваемой участковой станции рекомендуется распределять функции управления между дежурным по станции и помощником, сохранив одну зону управления. При этом работа в должности помощника создаст условия для подготовки его к работе дежурным по станции.

Оборудование рабочих мест дежурного по станции и помощника, в части взаимодействия с электрической централизацией, должно быть одинаковым. Это создаст возможность дежурному по станции управлять маршрутами со своего рабочего места в случае кратковременного отсутствия помощника на его рабочем месте. Для каждого дежурного по станции должна быть обеспечена возможность управлять маршрутами в пределах своей зоны. Элементы путевого развития станции, которые используются для передвижений, управляемых обоими дежурными (вытяжные тупики, ходовые пути и т. п.), должны включаться в зону управления дежурного по станции, управляющего движением более высоких категорий поездов (пассажирских, пригородных, транзитных грузовых и т. д.).

Расчеты показывают, что при увеличении загруженности одного из дежурных до нормы, за счет пропуска дополнительного количества транзитных грузовых поездов, максимальное значение комплексного критерия достигается при распределении зон управления по паркам станции $(-0,231; -0,235; -0,218; -0,317)$. В условиях увеличения расформирования/формирования до 27 составов в дневную смену, подач/уборок вагонов до 15 и уменьшения количества транзитных грузовых поездов до 75 лучшим вариантом становится распределение зон управления по районам станции $(-0,086; -0,081; -0,071; -0,064)$.

Таким образом, предлагаемый метод распределения функций и зон управления между оперативным персоналом участковых станций позволяет улучшить условия труда дежурных по участковым станциям и результаты их работы посредством выбора на основе количественной оценки лучших вариантов организации рабочих мест в процессе проектирования электрической централизации.

Заключение

Формализация алгоритмического описания функций управления, выполняемых железнодорожным оперативно-диспетчерским персоналом, создала возможность алгоритмизации всех функций управления, включая согласование действий персонала; определение затрат рабочего времени на выполнение всех операторов алгоритмов, в том числе скрытых от наблюдения и выполняемых в предлагаемых условиях автоматизации; оценку вероятности возникновения логических условий; определение числа функций управления, выполняемых персоналом за смену, в зависимости от количеств поездных и маневровых передвижений. Предложен набор операторов и логических условий, достаточный для записи на модифицированном языке ЛСА алгоритмов функций управления, выполняемых оперативным персоналом участковых станций. Разработана методика расчета загруженности оперативного персонала участковых станций, основанная на алгоритмическом описании функций управления, сборе и математической обработке статистических данных о длительностях выполнения операторов алгоритмов, и оценках вероятностей возникновения логических условий.

Предложения доведены до практических рекомендаций и методик расчета загруженности оперативного персонала участковых станций в зависимости от объемов поездной и местной работы, что позволяет количественно оценивать варианты распределения функций и зон управления между оперативным персоналом на основе комплексной количественной оценки.

Предложен комплексный метод количественной оценки вариантов распределения функций и зон управления между оперативным персоналом участковых станций, основанный на алгоритмическом описании функций управления, сборе и математической обработке статистических данных о затратах времени

на выполнение операторов алгоритмов и оценке вероятностей соблюдения логических условий в алгоритмах, методике расчета загруженности персонала в зависимости от количеств поездных и маневровых передвижений за смену. Предложен набор критериев оценки вариантов распределения функций и зон управления. Разработан математически аппарат определения комплексного критерия оценки вариантов, основанного на количественных оценках веса максимизируемых и минимизируемых критериев. На основе комплексного критерия предложена методика количественной оценки вариантов распределения функций и зон управления в зависимости от объемов поездной и местной работы на участковых станциях, используемая при обосновании проектных решений по организации рабочих мест оперативного персонала при проектировании электрической централизации.

Библиографический список

1. Нормы технологического проектирования устройств автоматики и телемеханики на железнодорожном транспорте / НТП-СЦБ, ОАО «РЖД», ГТСС. – СПб., 2004. – 106 с.
2. Нормативы затрат труда и нормативны численности оперативных работников железнодорожных станций по управлению процессами перевозок ОАО «РЖД» : утв. 02.12.2005. – М. : ОАО «РЖД». – 48 с.
3. Кокурин И. М. Теория и методы обоснования уровня автоматизации управления процессами перевозок на основе систем железнодорожной автоматики и телемеханики : дис. ... д-ра техн. наук : 05.22.08. – Л., 1986. – 322 с.
4. Кокурин И. М. Формализация расчета загрузки железнодорожных операторов / И. М. Кокурин // Железнодорожный транспорт. – 1983. – № 5. – С. 51–54.
5. Никитин А. Б. Методы и технические средства концентрации и централизации оперативного управления движением поездов (развитие теории и практические приложения) : дис. ... д-ра техн. наук : 05.22.08. – СПб., 2005. – 249 с.
6. Грошев Г. М. Оптимизация диспетчерского управления процессами перевозок на основе систем железнодорожной автоматики : дис. ... д-ра техн. наук : 05.22.08. – СПб. : Петербургский гос. ун-т путей сообщения, 2007. – 221 с.
7. Грошев Г. М. Выбор способа доставки контейнеров между тыловым логистическим терминалом и морским торговым портом / Г. М. Грошев, В. Л. Белозеров, Н. В. Климова // Известия Петербургского гос. ун-та путей сообщения. – 2015. – № 2. – С. 117–122.
8. Masaki K. Recent Train Traffic Control Systems / K. Masaki, Y. Shigenobu, U. Toshihide, N. Takuya // Hitachi Review. – 1999. – № 3. – Pp. 153–160.
9. Rogers V. R. Algebraic, Mathematical Programming, and Network Models of the Deterministic Job-shop Scheduling Problem / V. R. Rogers, R. P. White // IEEE Trans. On Systems, Man, and Cybernetics. – 1991. – № 3. – Pp. 693–697.
10. Kanso K. Formal Verification of Ladder Logic, Master's thesis / Swansea University. UK. Swansea. – 2008. – № SA2. – Pp. 8–10.

11. Kullmann O. Present and future of practical SAT solving / O. Kullmann // Complexity of Constraints, Lecture Notes in Computer Science / O. Kullmann, N. Creignou, P. Kolaitis, H. Vollmer. – 2008. – № 5250. – Pp. 283–319.
12. Ляпунов А. А. Об алгоритмическом описании процессов управления / А. А. Ляпунов, Г. А. Шестопап // Математическое просвещение : сб. – М. : Физматгиз, 1957. – Вып. 2. – С. 81–95.
13. Ляпунов А. А. О логических схемах программ / А. А. Ляпунов // Проблемы кибернетики. – 1958. – Вып. 1. – С. 46–74.
14. Кокурин И. М. Распределение зон и функций управления на технических станциях методом алгоритмического описания функций оперативного персонала / И. М. Кокурин, К. Е. Ковалев // Вестник транспорта Поволжья. – 2014. – № 4 (46). – С. 97–104.
15. Катцын Д. В. Распределение зон управления и функций оперативного персонала / Д. В. Катцын, И. М. Кокурин, К. Е. Ковалев // Мир транспорта. – 2014. – № 3 (52). – С. 210–219.
16. Кокурин И. М. Метод расчета загруженности оперативно-диспетчерского персонала технических станций, основанный на алгоритмическом описании содержания труда / И. М. Кокурин, К. Е. Ковалев // Известия Петербургского гос. ун-та путей сообщения. – 2013. – № 3. – С. 18–23.
17. Кокурин И. М. Выбор варианта распределения функций и зон управления между оперативным персоналом технических станций на основе оценки по разнонаправленным критериям / И. М. Кокурин, К. Е. Ковалев // Вестник транспорта Поволжья. – 2015. – № 2 (50). – С. 55–64.
18. Вентцель Е. С. Теория вероятностей / Е. С. Вентцель. – М. : Наука, 1964. – 576 с.

Kokurin Iosif M.

Institute for Transportation Problems N. S. Solomenko
Russian Academy of Sciences

Kovalev Konstantin E.

Petersburg State Transport University
«Railway Operation» department

Functions and control zones distribution between operational personnel of the polling stations

Appointment of the second (third) of a large polling station of master-on-duty due to the interlocking modernization that needs to provide them with means of information and interlocking control for objects which means necessity to determine the boundaries of controlled zones. Lack of appropriate guides makes taking wrong project decisions concerning the operator's workplace that remains unchanged after the project has been implemented. These create uneven workload for masters-on-duty and cause the wrong decisions making

and mistakes. The paper deals with a method for integrated assessment of the functions and control zones distribution between the operational staff of the polling stations based on a set of quantitative criteria; theirs «weight» being determined by the difference between maximum and minimum values for each criterion.

polling stations, electric interlocking, functions and control zones, operational staff, functions and control zones distribution, criteria for distribution evaluation, quantitative way to determine the criteria «weights», integrated criterion for variants evaluation

Reference

1. Norms of technological projecting for automation and remote control devices on railway transport. STP-SCB, OAO «Russian Railways», GTSS. St. Petersburg, 2004, 106 p.
2. Norms for labor and operational staff of railway stations for management traffic control on JSC «Russian Railways». Approved. 02.12.2005g. Moscow, JSC «Russian Railways», 48 p.
3. Kokurin I. M. Theory and methods for level of automation foundation of transportations processes based on railway automation and remote control systems : dis. dr. tech. sciences : 05.22.08. Leningrad, 1986, 322 p.
4. Kokurin I. M. Formalization for railway operators workload calculation. Railway transport, 1983, № 5, pp. 51–54.
5. Nikitin A. B. Methods and technical mtans for concentration and centralization of operational trains traffic management (development of theory and applications) : dis. dr. tech. sciences : 05.22.08. St. Petersburg, 2005, 249 p.
6. Groshev G. M. Train dispatchers control optimization on the basis of railway automation systems : dis. dr. tehn. Sciences : 05.22.08. SPb., PGUPS, 2007, 221 p.
7. Groshev G. M., Belozеров V. L., Klimova N. V. Choice for containers shipping between the rear logistics terminal and maritime port. Proceedings of PGUPS, 2015, № 2, pp. 117–122.
8. Masaki K., Shigenobu Y., Toshihide U., Takuya N. Recent Train Traffic Control Systems. Hitachi Review, 1999, № 3, pp. 153–160.
9. Rogers V. R., White R. P. Algebraic, Mathematical Programming, and Network Models of the Deterministic Job-shop Scheduling Problem. IEEE Trans. On Sistems, Man, and Cybernetics, 1991, № 3, pp. 693–697.
10. Kanso K. Formal Verification of Ladder Logic, Master's thesis. Swansea University. UK. Swansea, 2008, № SA2, pp. 8–10.
11. Kullmann O., Creignou N., Kolaitis P., Vollmer H. Present and future of practical SAT solving. Complexity of Constraints, Lecture Notes in Computer Science, 2008, № 5250, pp. 283–319.
12. Lyapunov A. A., Shestopal G. A. On the algorithmic description for the control processes. Mathematical education. Moscow, Fizmatgiz, 1957, vol. 2, pp. 81–95.
13. Lyapunov A. A. About program logic charts. Problems of Cybernetics, 1958, vol. 1, pp. 46–74.

14. Kokurin I. M., Kovalev K. E. Functions and control zones distribution for polling stations based on algorithmic description method for the of operational staff functions. Bulletin of Volga region, 2014, № 4 (46), pp. 97–104.
15. Kattsyn D. V., Kokurin I. M., Kovalev K. E. The distribution areas of management and operational staff functions. World of transport, 2014, № 3 (52), pp. 210–219.
16. Kokurin I. M., Kovalev K. E. Method for the workload calculation of the polling stations operational staff, based on the labor content algorithmically description. Proceedings of PSTU, 2013, № 3, pp. 18–23.
17. Kokurin I. M., Kovalev K. E. Variants selection of the functions and control zones distribution between operational staff of polling stations based on the different criterion assessment. Bulletin of the Volga region, 2015, № 2 (50), pp. 55–64.
18. Ventzel E. S. Probability theory. Moscow, Science, 1964, 576 p.

*Представлена к публикации членом редколлегии Вал. В. Сапожниковым
Поступила в редакцию 22.08.2015, принята к публикации 14.09.2015*

КОКУРИН Иосиф Михайлович – доктор технических наук, профессор, главный научный сотрудник лаборатории проблем развития транспортных систем и технологий ФГБУН «Институт проблем транспорта им. Н. С. Соломенко Российской академии наук».

e-mail: kokyrinim@mail.ru

КОВАЛЕВ Константин Евгеньевич – аспирант, ассистент кафедры «Управление эксплуатационной работой» Петербургского государственного университета путей сообщения Императора Александра I.

e-mail: kovalev_kostia@mail.ru

© Кокурин И. М., Ковалев К. Е., 2015