УДК 656.211:658

Распределение зон управления и функций оперативного персонала

Дмитрий КАТЦЫН
Dmitry V.KATTSYN

Иосиф КОКУРИН
Iosif M.KOKURIN

Константин КОВАЛЕВ
Constantin E.KOVALEV

Катцын Дмитрий Владимирович *– кандидат технических наук, советник первого вице-президента ОАО «РЖД», Москва, Россия.*
Кокурин Иосиф Михайлович *– доктор технических наук, профессор Петербургского государственного университета путей сообщения, Санкт-Петербург, Россия.*
Ковалев Константин Евгеньевич *– аспирант ПГУПС, Санкт-Петербург, Россия.*

Необходимость реконструкции электрической централизации технической станции создает проблему рационального распределения функций и зон управления между дежурными по станции, при котором требуется не превышать норму загруженности персонала и обеспечить наилучшие условия для выполнения технологических операций. Сложность проблемы усугубляется отсутствием теоретически и практически отработанных методов количественной оценки результатов предполагаемого применения различных вариантов решения задачи с целью выбора из них наилучшего. Статья содержит изложение уточненного метода количественной оценки загруженности дежурных по технической станции при разных способах организации их рабочих мест и разных размерах движения, основанного на алгоритмическом описании содержания труда персонала.

Ключевые слова: железная дорога, технические станции, зоны управления движением, алгоритмы, функции, оперативный персонал, расчет загруженности, методы организации.

На загруженность дежурных по техническим станциям определяющее влияние оказывают факторы, к которым следует отнести:

– параметры путевого развития станций (количество и полезные длины путей, конструкция стрелочных горловин и расположение соединительных путей с парками и локомотивными депо);

– технология станционной работы (формирование поездов различной длины и массы, соединение поездов, техническое обслуживание вагонов);

– организация тягового обслуживания (смена локомотивов, бригад, тепловозной и электрической тяги, стыкование тягового тока);

– объемы поездной, маневровой и местной работы;

– уровень оборудования станции системами железнодорожной автоматики и телемеханики (распределение зон управления, реализованное в конструкциях пульта и табло, представление информации на мониторах);

– средства и качество технологической связи;

– возможности и качество применяемых автоматизированных информацион-

ных систем (содержание, полнота и формы получаемой и передаваемой информации, объемы ручного ввода данных в АРМ);

– организация ремонта и технического обслуживания инфраструктуры.

Как отмечено в [1], учесть столь широкий набор значимых факторов при количественной оценке загруженности дежурных возможно только на основе формализованного алгоритмического описания решаемых ими задач управления процессами перевозок.

С помощью анализа технологических процессов, выполняемых на технических станциях, определен перечень задач управления, решаемых дежурным по станции: оценка и прогноз состояния управляемой системы F_{21}; прием грузового поезда F_{22}; отправление грузового поезда F_{23}; прием и отправление пассажирского поезда F_{24}; прием и отправление хозяйственного поезда F_{25}; пропуск транзитных грузовых поездов F_{26}; выполнение подач/уборок вагонов на подъездные пути F_{27}; перемещение состава на путь надвига F_{28}.

При введении должности помощника дежурного по станции (за пультом ЭЦ (ДСПЭЦ)) у самого дежурного появляется необходимость передавать ему указания и проверять их исполнение, а у помощника за пультом ЭЦ возникает задача ответная: получение и выполнение приказов дежурного по станции F_{31}. То есть требуется согласование действий между ними в процессе решения задач управления.

Дополнительные задачи дежурного по станции включают организацию движения при производстве работ по ремонту, техническому обслуживанию и восстановлению отказов технических средств, выключении из централизации стрелок и изолированных участков, снятии напряжения с контактной сети, в аварийных ситуациях и т. д.

Для алгоритмического описания решения задач управления предлагается использовать язык ЛСА [2], измененный по форме записи [3], что упрощает и записи алгоритмов, и расчеты.

Особенности содержания труда рассматриваемого персонала позволяют ограничиться следующим набором операторов алгоритмов: D – переговоры с помощью всех видов связи; S – считывание информации с часов, пульт-табло, мониторов АСУ, журналов и рабочих записей; R – запись информации в журналы и занесение ее в АСУ; E – вспоминание информации; C – счет и сравнение информации; A – принятие решения по управлению системой в зависимости от выполнения логического условия P; W – передача команды управления технологическим процессом с помощью технических средств (пульт, АРМ); K – количество повторений блока алгоритма, заключенного в скобки.

В работе [4] предложен метод расчета загруженности оперативно-диспетчерского персонала для общего случая наличия многочисленных ветвей в алгоритме решения задачи управления, основанный на возведении в последовательно возрастающую степень матрицы логических условий.

Предлагаемые правила построения алгоритмов, созданные с учетом особенностей содержания труда оперативного диспетчерского персонала, позволяют существенно упростить расчеты и анализ зависимости его загруженности от наиболее значимых факторов.

Правило 1. Каждое логическое условие P_i, i = 1, 2,..., n имеет два исхода: соблюдение условия с вероятностью q_i и несоблюдение с вероятностью $1 - q_i$

Правило 2. При соблюдении логического условия Pi выполняется следующий за ним блок операторов алгоритма G_i, i = 1, 2, ..., k.

Правило 3. При несоблюдении логического условия Pi выполняется блок операторов алгоритма G_j, j = 1, 2, ..., m, указываемый операторами перехода B_i и (B_i G_j) и расположенный совместно с одним из них в скобках.

Правило 4. Блок операторов G_i должен предшествовать блоку операторов G_j.

Правило 5. Логическое условие Pi необходимо формулировать так, чтобы при его соблюдении требовалось выполнить дополнительный блок алгоритмов G_i, i = 1,2,..., k, причем выполнять перед основным блоком алгоритма G_j, j = 1, 2, ..., m только в условиях, затрудняющих выполнение алгоритмов основного блока.

Правило 6. Одновременное использование операторов алгоритмов не допуска-

ется, поскольку рассчитывать загруженность оперативно-диспетчерского персонала следует только при последовательном включении в процесс операторов алгоритмов, что соответствует нормальным условиям работы.

Фрагмент алгоритма иллюстрирует использование правил его построения: D_i E_i C_i A_i P_i B_i G_i (B_i G_j).

Операторы алгоритма D_i E_i C_i информируют дежурного по станции о наличии или отсутствии свободного пути приема поезда. Логическое условие P_i в задаче «прием поезда на станцию» надо формулировать как «свободный путь для приема поезда отсутствует», а блок алгоритма G_i должен содержать последовательность действий дежурного по станции в случае отсутствия свободного пути (принятие мер по ускорению освобождения пути, задержка отправления поезда с соседней станции и т. п.). При наличии свободного пути логическое условие P_i не соблюдается. Поэтому операторы перехода B_i и (B_i G_j) исключают выполнение алгоритмов дополнительного блока G_i и обеспечивают выполнение алгоритмов основного блока операторов Gj, соответствующих действиям дежурного по станции при наличии свободного пути приема.

Предложенные правила записи алгоритмов упрощают программирование расчетов загруженности персонала, дают возможность использовать таблицы Microsoft-Excel, что показано на примере фрагмента алгоритма F_i:

$F_i = D_i E_i C_i A_i P_i B_i G_i (B_i G_j) D_{i+1} E_{i+1} C_{i+1} A_{i+1} + P_{i+1}$ ...

Если заменить операторов алгоритма соответствующими длительностями выполнения операций t_i с их номерами, а логические условия – оценками вероятности соблюдения q_i и $1 - q_i$, то затраты времени на решение задачи управления составят:

$TF_i = t_{Di} + t_{Ei} + t_{Ci} + t_{Ai} + q_i t_{Gi} + (1 - q_i) t_{Gj} + t_{Di+1} + t_{Ei+1} + t_{Ci+1} + t_{Ai+1} + q_{i+1} t_{Gi+1}$..., где t_{Gi} и t_{Gj} – суммарные затраты времени на выполнение блоков операторов алгоритмов Gi и Gj.

На основании изложенного предлагается следующий порядок расчета затрат времени оперативного работника на решение задачи управления:

1. Суммируются затраты времени на выполнение операторов алгоритма от начала записи до первого логического условия P_i B_i.

2. Суммируются затраты времени на выполнение дополнительного блока алгоритма t_{Gi}, расположенного за первым логическим условием P_i B_i.

3. Эта сумма t_{Gi} умножается на величину оценки вероятности соблюдения первого логического условия q_i.

4. Полученная сумма складывается с суммой пункта 1.

5. Суммируются затраты времени на выполнение основного блока операторов алгоритма G_j, расположенного в скобках совместно с указателем перехода алгоритма B_i к действиям при несоблюдении P_i первого логического условия (B_i G_j).

6. Эта сумма t_{Gj} умножается на оценку вероятности несоблюдения логического условия ($1 - q_i$).

7. Полученная сумма складывается с суммой пункта 4.

8. Расчет продолжается аналогично пунктам 1–7 для всех следующих элементов алгоритма.

Загруженность оперативного работника T_{oi} определяется затратами времени на решение всех задач управления за смену, длительностью 12 часов (720 мин) в зависимости от затрат времени на решение каждой задачи T_{Fei}, T_{Fpi}, T_{Fmi} и количества задач каждого типа N_{ei}, N_{pi}, N_{mi}...

$T_{oi} = T_{Fei} N_{ei} + T_{Fpi} N_{pi} + T_{Fmi} N_{mi}$,

Источниками получения информации о максимальных количествах передвижений, организуемых дежурными по станции за дневную и ночную смены, являются расписания движения поездов, станционные журналы, статистические данные.

Таким методом определяются все составляющие затрат времени дежурных по станции в зависимости от указанных факторов.

Пример расчета затрат времени на решение каждой задачи управления и загруженности дежурного по технической станции представлен в таблице 1.

Размер зоны управления оперативного работника необходимо устанавливать таким, чтобы его загруженность не превышала допустимой нормы, установленной в [5, 6], для коэффициента загруженности

Таблица 1 / Table 1

Средние затраты рабочего времени на выполнение функций управления движением и загруженность дежурных

Average costs of labor hours to perform traffic management functions and workload of station officers

Наименование функций управления Name of management functions	Затраты времени на функцию, мин Time spent on each function, min	Количество операций за смену Number of operation during one shift		Загруженность, мин. Workload, min	
		Дневная Day	Ночная Night	Дневная Day	Ночная Night
1	2	3	4	5	6
1. Прием/сдача дежурства F0201. Acceptation/transfer of a shift F0201.	7,2	2	2	14,4	14,4
2. Прием грузового поезда в переработку F0202. Receiving of a freight train to reclassification F0202.	4,1	9	9	36,9	36,9
3. Отправление грузового поезда F0203. Departure of a freight train F0203.	4,3	7	5	30,1	21,5
4. Прием и отправление пассажирского поезда F0204. Receiving and departure of a passenger train F0204.	4,2	27	53	113,4	222,6
5. Прием и отправление хозяйственного поезда F0205. Receiving and departure of a service train F0205.	4,1	10	3	41	12,3
6. Пропуск по станции транзитного грузового поезда F0206. Handling of a transit freight train F0206.	2,4	106	68	254,4	163,2
7. Обслуживание подъездных путей F0207. Maintenance of approach lines F0207.	5,1	9	7	45,9	35,7
8. Заезд на путь надвига F0208. Approach a hump track F0208.	3,1	9	9	27,9	27,9
9. Оценка и прогноз состояния управляемой системы F0209. Assessment and forecast of a state of a controlled system F0209.	2,5	10	10	25	25
Итого/Total:	-	189	166	589	559,5

$K_з = (T_{oi} + 72) /720 \times 100\% \leq 95\%$, где 72 мин – время, выделяемое оперативному работнику в течение смены на отдых и личные надобности.

В таблице 2 приводятся результаты расчетов загруженности дежурных по станции, взятой в качестве примера, за дневную и ночную смены в зависимости от размеров движения транзитных грузовых поездов, при постоянных размерах движения пассажирских и пригородных поездов, в условиях исследуемых вариантов распределения функций и зон управления.

N_1, N_2, N_3 – количество пар транзитных грузовых поездов в смену от существующего до максимально допустимого; в числителе значения параметров для дневной смены, в знаменателе – для ночной.

Расчеты показывают, что максимальное количество транзитных грузовых поездов можно пропустить по станции за смену, не превышая допустимой загруженности дежурных, при распределении их зон управления по станционным паркам.

Распределение зон управления между дежурными по станции по причине непревышения нормы их загруженности создает

Таблица 2 / Table 2

Загруженности дежурных по станции при различных вариантах распределения функций и зон управления

Workload of station officers in different types of distribution of functions and management areas

Размеры движения Volume of traffic Наименование Title	N1=66/48	N2=68/50	N3 =71/52
Один дежурный/One station officer,%			
Дежурный и помощник/Station officer and an assistant,%	91/81	95/85	
Два дежурных по горловинам/Two station officer at rail bottlenecks,%	91/81	95/85	
Два дежурных по паркам/Two station officers at station parks,%	88/78	93/83	95/85

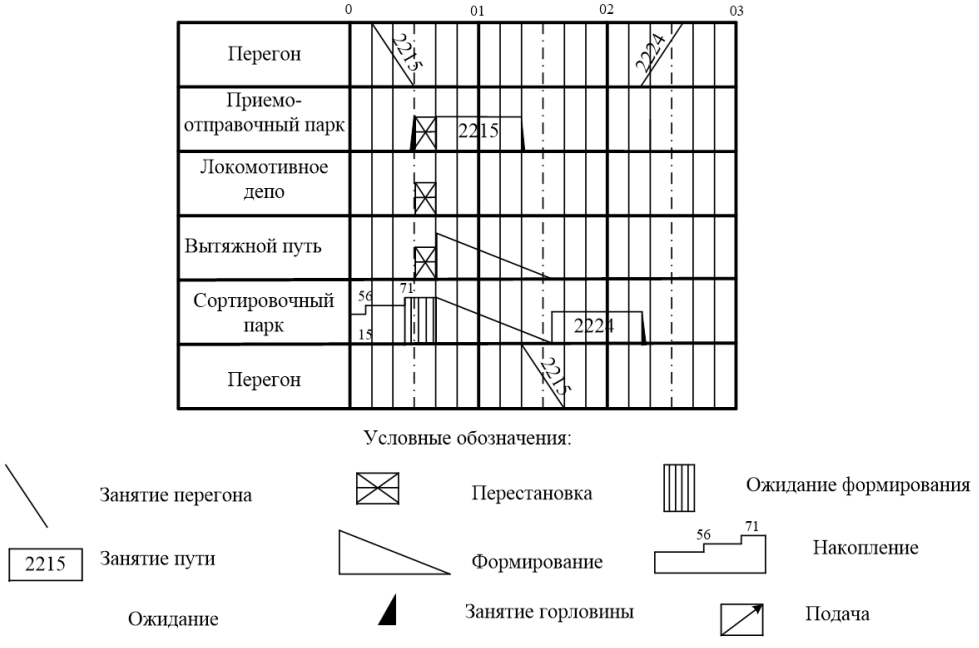

Рис. 1. Фрагмент суточного плана-графика, когда приоритет отдается смене локомотива транзитного поезда.

Pic. 1. Fragment of a daily schedule, when priority is given to a change of a transit train locomotive.

конфликтные передвижения, обусловленные необходимостью использовать элементы путевого развития, находящиеся в зоне управления соседнего дежурного. В связи с этим предлагается метод оценки влияния вариантов распределения функций и зон управления движением между дежурными на показатели работы станции, в основе которого компьютерное моделирование и анализ ситуаций, возникающих в процессе построения суточных планов-графиков. Суть подхода поясняется на примерах выбора очередности конфликтных передвижений.

При разделении зон управления между дежурными по паркам станции и одновременной необходимости смены локомотива транзитного поезда № 2215 и формирования состава следует занять вытяжной путь, входящий в зону управления дежурного по приемо-отправочному парку.

Если вытяжной путь первым занимает поездной локомотив, направляемый в депо, а затем поездной локомотив, перемещаемый из депо к составу поезда № 2215 (рис. 1), то подлежащий формированию состав будет простаивать

в ожидании возможности передвижений из сортировочного парка на вытяжной путь. В результате задерживается формирование состава поезда № 2224, который отправится со станции в 02.18. Смена локомотива транзитного поезда № 2215 займет минимальное время, и поезд отправится в 01.20.

Если вытяжной путь первым займет формируемый состав (рис. 2), то смена поездного локомотива задержится, и поезд № 2215 отправится в 02.10 с задержкой на 50 мин, а поезд своего формирования № 2224 – в 02.00.

Таким образом, при возникновении указанного конфликта перед дежурными по станции возникает задача выбора – задержать на 50 мин транзитный поезд или отправить позднее на 14 мин поезд своего формирования.

При разделении зон управления по горловинам станции тоже появляются общие элементы путевого развития (ходовой путь и т. д.). В случае одновременной необходимости передвижения поездного локомотива в депо и состава на подъездной путь возникает потребность использовать ходовой путь. Если отдать приоритет передвижению локомотива (рис. 3а), то простой состава в ожидании передвижения составит 17 мин, а если первым начнет движение состав (рис. 3б), то простой поездного локомотива будет 15 мин.

Критерием выбора очередности конфликтных передвижений является минимизация стоимости потерь по причине их задержек, количественная оценка которых зависит от сложного учета множества факторов. Поэтому решения об очередности

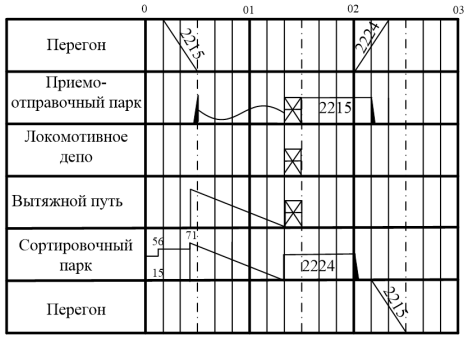

Рис. 2. Фрагмент суточного плана-графика, когда приоритет отдается отправлению поезда своего формирования.

Pic.2. Fragment of a daily schedule, when priority is given to departure of a train of its composition.

конфликтных передвижений по станции принимаются на основании экспертной оценки их значимости для достижения целей работы района управления и станции.

Во внимание следует принять и то, что при разделении зон управления по паркам станции вытяжной путь окажется в зоне управления дежурного по приемо-отправочному парку и предпочтение будет отдаваться ускоренному отправлению транзитных поездов со сменой локомотива, а не местной работе. Аналогичная ситуация возникнет и при распределении зон управления по горловинам станции. Для принятия решений, в большей степени соответствующих целям работы станции, целесообразно функции старшего по смене передать маневровому диспетчеру и обеспечить его информацией о положении на станции и подходе поездов.

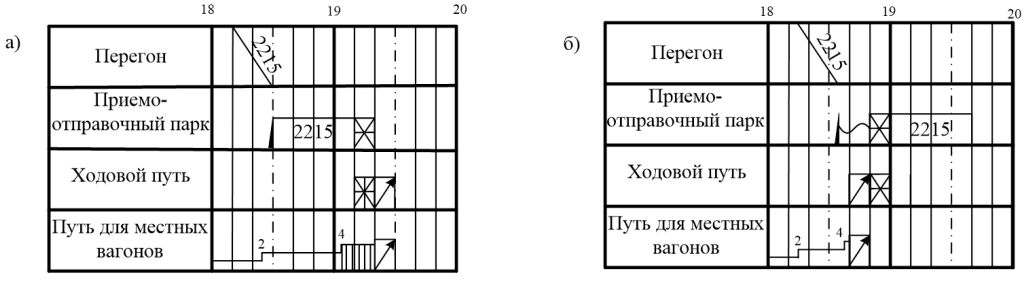

Рис. 3. Фрагменты суточного плана-графика при разделении зон управления по горловинам станции.

Pic.3. Fragments of a daily schedule in case of distribution of management areas at rail bottlenecks.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Предлагаемые методы распределения зон и функций управления между дежурными по техническим станциям, основанные на количественной оценке загруженности оперативно-диспетчерского персонала и длительностей задержек конфликтных передвижений, создают предпосылки к выбору научно обоснованных технических решений по организации рабочих мест при строительстве и модернизации систем железнодорожной автоматики и телемеханики.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кокурин И. М. Формализация расчета загрузки железнодорожных операторов // Вестник ВНИИЖТ – 1983. – № 5. – С.51–54.

2. Ляпунов А. А., Шестопал Г. А. Об алгоритмическом описании процессов управления // Математическое просвещение. – М.: Физматгиз, 1957. – Вып. 2. – С.81–95.

3. Кокурин И. М., Ковалев К. Е. Метод расчета загруженности оперативно-диспетчерского персонала технических станций, основанный на алгоритмическом описании содержания труда // Известия ПГУПС. – 2013. – № 3. – С. 18–23.

4. Кокурин И. М. Теория и методы обоснования уровня автоматизации управления процессами перевозок на основе систем железнодорожной автоматики и телемеханики / Дис. док. техн. наук. – Л., 1986. – 322 с.

DISTRIBUTION OF MANAGEMENT AREAS AND FUNCTIONS OF OPERATING PERSONNEL

Kattsyn, Dmitry V. *– Ph.D. (Tech.), Advisor to the First Vice-President of JSC Russian Railways, Moscow, Russia.*

Kokurin, Iosif M. *– D. Sc. (Tech.), professor of St. Petersburg State University of Railways (PGUPS), St. Petersburg, Russia.*

Kovalev, Constantin E. *– Ph.D. student, engineer, department of management of operations of St. Petersburg State University of Railways (PGUPS), St. Petersburg, Russia.*

ABSTRACT

Need to reconstruct the electric centralization of train station creates a problem of rational distribution of functions and management areas between station operators, which requires not to exceed the rate of workload of personnel and to ensure the best conditions for technological operations. Complexity of the problem is exacerbated by the lack of theoretical and practical methods of quantitative assessment of results of alleged use of various options for solving the problem in order to select the best of them. The article contains a summary of the adjusted method of quantitative assessment of station officers' workload at train stations at different ways of organizing their work places and different volume of movement based on the algorithmic description of the contents of the personnel's labor.

ENGLISH SUMMARY

Background.

The authors investigate method for calculation of station officers' workload at train stations, which is based on the algorithmic description of the contents of their work.

Workload of station officers at train stations is determined mainly by following factors:

– Parameters of gridiron of tracks (number and effective length of tracks, design of leads and location of crossover tracks with parks and locomotive depots);

– Technology of yard operation (train composition of different lengths and weights, combining of trains, maintenance of cars);

– Organization of traction service (change of locomotives, crews, diesel and electric traction, connecting the traction current);

– Volume of train, shunting and local operations;

– The level of the station's equipment with railway automation and remote control systems (distribution of management areas, implemented in the construction of the control board and panel, displaying data on the screen);

– Means and quality of technological communication;

– Opportunities and quality of used automated information systems (content, completeness and forms of input and output information, the amount of manual data entry in automated working stations);

– Organization of repair and maintenance of infrastructure.

Objective.

The objective of the authors is to investigate different aspects of a workload of station officers and to propose an appropriate method for its calculation in terms of management areas' distribution.

Methods.

The authors use mathematical method, analysis and descriptive method.

Results.

As noted in [1], taking into account such a wide range of significant factors in quantifying workload of station officers is only possible on the basis of formal algorithmic description of their actions to manage traffic process.

By analyzing technological processes, which are carried out at train stations, a list of management tasks that can be solved by station officers is determined: assessment and prediction of state for the controlled system F_{21}; receiving a freight train F_{22}; departure of a freight train F_{23}; receiving and departure of a passenger train F_{24}; reception and departure of a service train F_{25}; handling of transit freight trains F_{26}; placement/displacement of cars to approach lines F_{27}; moving of a train to a humping track F_{28}.

With induction of an assistant of a station officer (at control desk of electric interlocking), this station officer gets a duty to give him instructions and check their performance, and the assistant at the control desk of electric interlocking also gets a task: receiving and execution of orders, given by station officer F_{31}.