

5. Лазарев В. Г. Синтез управляющих автоматов / В. Г. Лазарев, Е. И. Пийль. – М. : Энергия, 1984. – 408 с.

6. Марков Д. С. Матричный метод формализации имитационных моделей сложных систем массового обслуживания / Д. С. Марков, П. Е. Бу-

лавский // Изв. ПГУПС. – 2010. – Вып. 4. – С. 186–195.

7. Р 50.1.028–2001 Информационные технологии поддержки жизненного цикла продукции. Методология функционального моделирования. – М. : Госстандарт России.

УДК 656.2

**И. М. Кокурин**

Институт проблем транспорта им. Н. С. Соломенко РАН

**А. Б. Васильев**

Петербургский государственный университет путей сообщения  
Императора Александра I

## **АЛГОРИТМИЗАЦИЯ РЕШЕНИЙ ПОЕЗДНОГО ДИСПЕТЧЕРА ПО ВЫБОРУ СТАНЦИЙ СКРЕЩЕНИЯ**

Организация движения поездов при отклонениях от нормативного графика и от диспетчерского расписания – одна из основных задач поездных диспетчеров, решение которой существенно осложняется на однопутных участках. При этом результаты эксплуатационной работы железнодорожных участков зависят от правильности принятия и реализации диспетчерских решений. В статье предлагается метод формализованного алгоритмического описания процессов принятия решений поездным диспетчером по определению станций скрещения с целью развития информационной поддержки и автоматизации функций управления движением поездов.

Поездной диспетчер, управление движением поездов, выбор станций скрещения, алгоритмическое описание решений, информационная поддержка, автоматизация диспетчерского управления.

Современные системы железнодорожной автоматики и телемеханики совместно с информационными технологиями открывают широкие возможности повышения показателей процессов перевозок. Однако разработки в этой области не всегда дают ожидаемый эффект из-за недостаточного исследования условий и процессов принятия диспетчерами решений по организации движения поездов, поскольку необходимо изучить влияние множества факторов, особенно сложно взаимодействующих на однопутных линиях.

В работах [3–5] заложены основы алгоритмического описания содержания труда железнодорожного оперативно-диспетчерского персонала, на этой основе разработаны методы определения границ зон управления и оценки технико-технологической и экономической эффективности информационного обеспечения и автоматизации функций управления процессами перевозок.

Для алгоритмического описания процессов принятия решений поездным диспетчером необходимо разработать математиче-

скую модель организации пропуска поездов по управляемому участку.

встречному поезду  $j$  входного и выходного светофоров на станции  $i$  для безостановочного проследования.

**Выбор станции скрещения**

Для скрещения поезда  $j-1$  с приоритетным поездом  $j$  станция  $i$  выбирается при соблюдении условий (рис. 1):

$$\tau_{\text{нпо}jj-i} = t_{\text{п}ji} - t_{\text{п}j-i} > \tau_{\text{нпн}jj-i}, \quad (1)$$

где  $\tau_{\text{нпо}jj-i}$  и  $\tau_{\text{нпн}jj-i}$  – соответственно, ожидаемый и нормируемый интервалы (тип II) неодновременного прибытия поезда  $j-1$  с остановкой и проследования без остановки встречного поезда  $j$  по станции скрещения  $i$ .

$t_{\text{п}j-i}$  и  $t_{\text{п}ji}$  – моменты ожидаемого времени прибытия поездов  $j-1$  и  $j$  на станцию скрещения  $i$  с учетом затрат времени на разгон поезда  $j-1$  в случае остановки на станции  $i-1$  и на замедление до остановки на станции  $i$ .

Условие (1) обеспечивает возможность скрещения поезда  $j-1$  с приоритетным поездом  $j$  на станции  $i$ , поскольку ожидаемый интервал неодновременного прибытия поездов  $\tau_{\text{нпо}jj-i}$  достаточен для своевременного открытия

где  $\tau_{\text{нпо}jj-i+1}$  и  $\tau_{\text{нпн}jj-i+1}$  – соответственно, ожидаемый и нормируемый интервалы неодновременного прибытия поезда  $j-1$  с остановкой и проследования без остановки встречного поезда  $j$  по станции скрещения  $i+1$ ;  $t_{\text{п}ji+1}$  и  $t_{\text{п}j-i+1}$  – моменты ожидаемого времени прибытия поездов  $j-1$  и  $j$  на станцию скрещения  $i+1$ .

Условие (2) показывает недопустимость скрещения поездов на станции  $i+1$ , поскольку ожидаемый интервал неодновременного прибытия поездов на эту станцию недостаточен для своевременного открытия поезду  $j$  входного и выходного светофоров для безостановочного проследования.

Выбор станции скрещения представляет собой последовательный анализ возможностей использования станций  $i-1$ ,  $i$ ,  $i+1$ , расположенных на расстоянии встречного движения рассматриваемых поездов. Двигаясь со скоростью  $V_{j-1}$ , первым на станцию скрещения  $i$

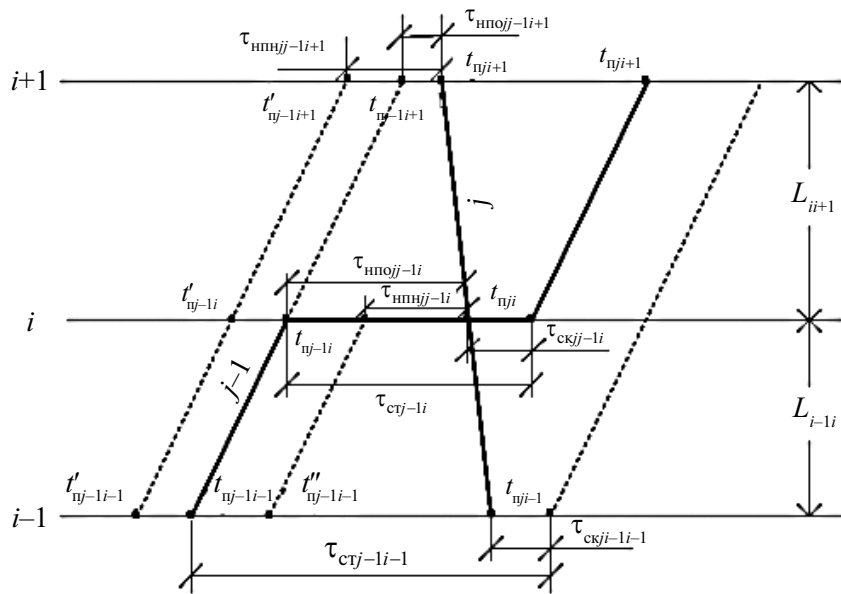


Рис. 1. Выбор станции скрещения

прибудет поезд  $j-1$ , а вторым со скоростью  $V_j$  эту станцию без остановки проследует поезд  $j$ . Возможность сокращения длительности стоянки поезда  $j-1$  при выборе станции скрещения доказывает предложение 1.

### Предложение 1

Если станции  $i-1$ ,  $i$  и  $i+1$  расположены последовательно на расстоянии сближения встречных поездов, то длительность стоянки поезда  $j-1$  при скрещении на станции  $i-1$   $\tau_{ctj-i-1}$  и поезда  $j-1$  при скрещении на станции  $i$   $\tau_{ctj-i}$  составят соотношение

$$\tau_{ctj-i-1} > \tau_{ctj-i}.$$

Длительность стоянки поезда  $j-1$  на станции скрещения  $i-1$  составит

$$\tau_{ctj-i-1} = t_{пji-1} - t_{пj-i-1} + \tau_{ckjj-i-1},$$

где  $t_{пji-1}$  и  $t_{пj-i-1}$  – ожидаемые моменты времени прибытия поездов  $j$  и  $j-1$ , соответственно, на станцию скрещения  $i-1$ ;  $\tau_{ckjj-i-1}$  – интервал скрещения поездов  $j$  и  $j-1$  на станции  $i-1$  с остановкой поезда  $j-1$ .

Длительность стоянки поезда  $j-1$  на станции скрещения  $i$  составит

$$\tau_{ctj-i} = t_{пji-1} - \tau_{xjii-1} - t_{пj-i-1} - \tau_{xj-i-1} + \tau_{ckjj-i},$$

где  $t_{пji-1}$  и  $t_{пj-i-1}$  – ожидаемые моменты времени прибытия поездов  $j$  и  $j-1$ , соответственно, на станцию скрещения  $i-1$ ;  $\tau_{xjii-1}$  и  $\tau_{xj-i-1}$  – перегонное время хода поездов  $j$  и  $j-1$ , соответственно, между станциями  $i$  и  $i-1$ ;  $\tau_{ckjj-i}$  – интервал скрещения поездов  $j$  и  $j-1$  на станции  $i$  с остановкой поезда  $j-1$ .

Разность длительности стоянок поездов  $j$  и  $j-1$  на станциях  $i-1$  и  $i$  будет равна

$$\begin{aligned} \tau_{ctj-i-1} - \tau_{ctj-i} &= t_{пji-1} - t_{пj-i-1} + \\ &+ \tau_{ckjj-i-1} - t_{пji-1} + t_{пj-i-1} + \\ &+ \tau_{xjii-1} + \tau_{xj-i-1} - \tau_{ckjj-i} = \\ &= \tau_{xj-i-1} + \tau_{xjii-1} + \Delta\tau_{ck} > 0, \end{aligned}$$

где  $\Delta\tau_{ck}$  – разность интервалов скрещения поездов  $j-1$  и  $j$  на станциях  $i-1$  и  $i$ .

Поскольку  $\tau_{ctj-i-1} - \tau_{ctj-i} > 0$ , то  $\tau_{ctj-i-1} > \tau_{ctj-i}$ . Предложение 1 доказано.

Таким образом, если время прибытия поезда  $j-1$  на станцию  $i-1$  (рис. 1) больше предельного времени его прибытия на эту станцию

$$t_{пj-i-1} > t''_{пj-i-1} = t_{пji} - \tau_{нпнjj-i} - \tau_{xj-i-1},$$

то для исключения задержки поезда  $j$  скрещение с остановкой поезда  $j-1$  следует перенести со станции  $i$  на станцию  $i-1$ .

Если время прибытия поезда  $j-1$  на станцию  $i$  меньше предельного времени его прибытия  $t''_{пj-i}$

$$t_{пj-i} < t''_{пj-i} = t_{пji+1} - \tau_{нпнjj-i+1} - \tau_{xj-i+1},$$

то для сокращения стоянки поезда  $j-1$  его скрещение с поездом  $j$  следует перенести со станции  $i$  на станцию  $i+1$ .

Интервал (тип II) неодновременного прибытия поезда с остановкой и проследования без остановки встречного поезда [1, 2]  $\tau_{нпоjj-i}$  (рис. 1), равный разности моментов времени прибытия на станцию скрещения  $i$  приоритетного  $t_{пji}$  и останавливаемого  $t_{пj-i}$  поездов  $\tau_{нпоjj-i} = t_{пji} - t_{пj-i}$ , должен быть достаточным для своевременного открытия входного и выходного светофоров для безостановочного проследования приоритетного поезда  $j$ , исключая его задержку. Современные системы диспетчерской централизации (ДЦ) передают поезвному диспетчеру моменты времени выполнения всех технологических операций скрещения, суммарная продолжительность промежутков времени между которыми составляет интервал неодновременного прибытия поезда с остановкой и проследования без остановки встречного поезда (см. таблицу).

Для исключения задержки приоритетного поезда  $j$  интервал попутного прибытия на станцию скрещения  $i$  должен быть не менее суммы длительностей выполнения следующих технологических операций:

Технологические операции, составляющие при ДЦ интервалы  
неодновременного прибытия поезда с остановкой  $j-1$  и проследования  
без остановки встречного поезда  $j$  и интервал скрещения этих поездов

Технологическая операция	Обозначение операций
Время освобождения останавливаемым поездом $j-1$ последней изолированной секции маршрута приема на станцию скрещения $i$	$t_{омпj-1i}$
Время размыкания последней изолированной секции маршрута приема останавливаемого поезда $j-1$ на станцию скрещения $i$	$t_{рмпj-1i}$
Время открытия поездным диспетчером входного светофора для безостановочного пропуска приоритетного поезда $j$ по станции скрещения $i$	$t_{овхji}$
Время вступления приоритетного поезда $j$ на первый участок приближения к станции скрещения $i$	$t_{1упji}$
Время освобождения приоритетным поездом $j$ последней секции маршрута приема на станцию скрещения $i$	$t_{омпji}$
Время занятия приоритетным поездом $j$ первой секции маршрута отправления со станции скрещения $i$	$t_{1смoji}$
Время размыкания последней секции маршрута приема приоритетного поезда $j$ на станцию скрещения $i$	$t_{рмпji}$
Время открытия выходного светофора поездным диспетчером для отправления останавливаемого поезда $j-1$ со станции скрещения $i$	$t_{овыхj-1i}$
Время занятия поездом $j-1$ первой секции маршрута отправления	$t_{1смoj-1i}$

$$\tau_{нпоj-1i} = t_{пji} - t_{пj-1i} = t_{омпji} - t_{омпj-1i};$$

$$\tau_{нпнjj-1i} \geq \frac{\tau_{рмпj-1i} + \tau_{овхji}}{60} + 0,06 \frac{(L_{1упji} + L_{мпji} + 2 \cdot 0,5L_{пj})}{V_{ji}},$$

где  $\tau_{рмпj-1i} = t_{рмпj-1i} - t_{омпj-1i}$  – длительность размыкания последней секции маршрута приема на станцию скрещения  $i$  останавливаемого поезда  $j-1$ , продолжительность которой равна разности моментов времени размыкания последней изолированной секции маршрута приема и ее освобождения поездом  $j-1$ , с;  $\tau_{овхji}$  – затраты времени на передачу информации поездному диспетчеру, на принятие решения, передачу и выполнение команды на открытие входного светофора для безостановочного

пропуска приоритетного поезда  $j$  по станции скрещения  $i$ , с;

$$t_{омпji} - t_{1упji} = 0,06 \frac{(L_{1упji} + L_{мпji} + 2 \cdot 0,5L_{пj})}{V_{ji}}$$

– интервал времени от вступления приоритетного поезда  $j$  на первый участок приближения к станции скрещения  $i$  до освобождения им последней изолированной секции маршрута приема (рис. 2).

В этом выражении

$L_{1упji}$  (м) – длина первого участка приближения к станции скрещения  $i$  не позже времени вступления приоритетного поезда  $j$ , на который входной светофор должен быть открыт;

$L_{мпji}$  (м) – длина маршрута приема поезда  $j$  на станцию  $i$ , равная расстоянию от входного

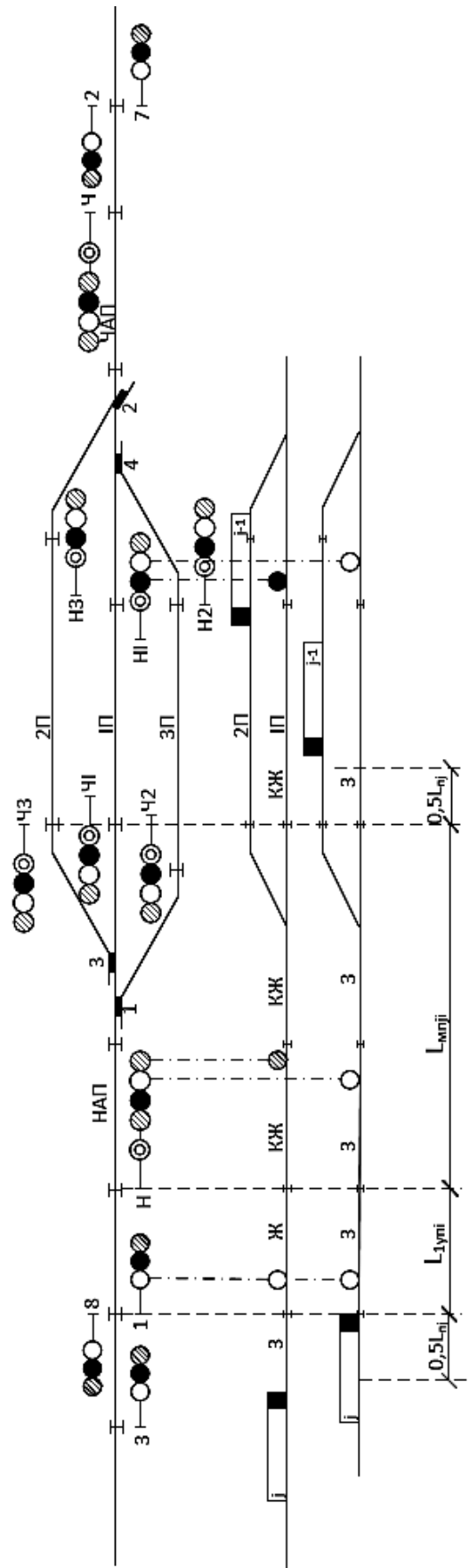


Рис. 2. Интервал неодновременного прибытия поезда с остановкой и проследования без остановки встречного поезда и интервал скрещения

светофора до изолирующего стыка пути приема;

$0,5L_{пj}$  (м) – половина длины приоритетного поезда  $j$ ;

$V_{ji}$  (м) – скорость приоритетного поезда  $j$  на указанном расстоянии. Коэффициент  $0,06 = 60/1000$  обеспечивает перевод метров в километры, а часов – в минуты.

Интервал скрещения поездов  $j-1$  и  $j$  на станции  $i$  (рис. 2) составит:

$$\tau_{скжj-i} = t_{1смoj-i} - t_{1смoji};$$

$$\tau_{скжj-i} = \frac{\tau_{рмji} + \tau_{овыхj-i} + \tau_{взмj-i}}{60},$$

где  $\tau_{рмji} = t_{рмпji} - t_{омпji}$  – длительность размыкания последней секции маршрута приема приоритетного поезда  $j$  на станцию скрещения  $i$ , продолжительность которой равна разности моментов времени размыкания последней изолированной секции маршрута и ее освобождения поездом  $j$ , с;  $\tau_{овыхj-i}$  – затраты времени на передачу информации поездному диспетчеру, принятие решения, передачу и выполнение команды на открытие выходного светофора для отправления останавливаемого поезда  $j-1$  со станции скрещения  $i$ , с;  $\tau_{взмj-i}$  – затраты времени на восприятие машинистом открытия выходного светофора и занятие поездом  $j-1$  первой изолированной секции маршрута отправления, с.

### Алгоритмическое описание решений по выбору станции скрещения

В результате исследования процесс принятия и выполнения решения поездным диспетчером или автоматическим устройством по выбору станции скрещения при условии безостановочного проследования приоритетного поезда  $j$  можно представить в виде следующего алгоритмического описания:

$$F_{02} = S_{01} C_{01} C_{02} C_{03} A_{01} P_{01} B_{01} D_{01} C_{04} B_{02} (B_{01}) C_{05} C_{06} C_{07} A_{02} P_{02} B_{03} W_{01} S_{02} S_{03} W_{02} S_{04} S_{05} S_{06} S_{07} S_{08} W_{03} S_{09} S_{10} C_{08} B_{02} (B_{03}) C_{09} C_{10} C_{11} A_{03} P_{03} B_{04} W_{04} S_{11} S_{12} W_{05} S_{13} S_{14} S_{15} S_{16} S_{17} W_{06} S_{18} S_{19} C_{12} B_{02} (B_{04}) C_{13} C_{14} C_{15} A_{04} P_{04} B_{05} W_{07} S_{20} S_{21} W_{08} S_{22} S_{23} S_{24} S_{25} S_{26} W_{09} S_{27} S_{28} C_{16} B_{02} (B_{05}).$$

В алгоритме использованы следующие операторы и логические условия:

$S_{01}$  – получение информации о встречных поездах  $j$  и  $j-1$ , поступающих на станции  $i+1$  и  $i-1$ ;

$C_{01}$  – прогноз перегонного времени хода поездов  $j$  и  $j-1$  от станций  $i+1$  и  $i-2$  до станции  $i-1$ ;

$C_{02}$  – прогноз времени прибытия поездов  $j$  и  $j-1$  на станцию  $i-1$  с учетом времени на замедление при остановке на станции скрещения  $i-1$ ;

$C_{03}$  – расчет ожидаемого и нормируемого интервалов неодновременного прибытия поездов  $j$  и  $j-1$  на станцию скрещения  $i-1$ ;

$A_{01}$  – сравнение ожидаемого и нормируемого интервалов неодновременного прибытия поездов  $j$  и  $j-1$  на станцию скрещения  $i$   
 $\tau_{нпоjj-i-1} - \tau_{нпнjj-i} \geq 0$ ;

$P_{01}$  – выполняется условие  $\tau_{нпоjj-i-1} < \tau_{нпнjj-i-1}$ , при котором не допускается скрещение поездов  $j$  и  $j-1$  на станции  $i-1$ , и необходимо выполнить скрещение на станции  $i-2$ ;

$D_{01}$  – переговоры с диспетчером соседнего участка о выполнении скрещения на станции  $i-2$ ;

$C_{04}$  – расчет фактического перегонного времени хода поезда  $j-1$  между станциями  $i-2$  и  $i-1$  как разности моментов времени освобождения поездом маршрута приема и занятия первой секции маршрута отправления с предыдущей станции;

$B_{02}$  – переход к организации пропуска поездов  $j$  и  $j-1$  после скрещения на станции  $i-2$ ;

$B_{01}$  – условие  $P_{01}$  не выполняется,  $\tau_{нпоjj-i-1} \geq \tau_{нпнjj-i-1}$ , это позволяет определить возможность скрещения на станции  $i-1$  с помощью операторов, расположенных за  $(B_{01})$ ;

$C_{05}$  – прогноз перегонного времени хода поездов  $j-1$  и  $j$  от станций  $i-1$  и  $i+1$  до станции  $i$ ;

$C_{06}$  – прогноз времени прибытия поездов  $j-1$  и  $j$  на станцию  $i$  с учетом затрат времени на замедление при остановке  $\tau_{zj-i}$ ;

$C_{07}$  – расчет нормируемого и ожидаемого интервалов неодновременного прибытия поездов  $j$  и  $j-1$  на станцию  $i$ ;

$A_{02}$  – сравнение нормируемого ожидаемого интервалов неодновременного прибытия поездов  $j-1$  и  $j$  на станцию  $i$   $\tau_{\text{нпо}jj-li} - \tau_{\text{нпн}jj-li} \geq 0$ ;

$P_{02}$  – выполняется условие  $\tau_{\text{нпо}jj-li} < \tau_{\text{нпн}jj-li}$ , поэтому необходимо выполнить скрещение на предыдущей станции участка  $i-1$ ;

$W_{01}$  – команда открыть входной светофор на станции  $i-1$  поезду  $j-1$  с остановкой для скрещения с поездом  $j$ ;

$S_{02}$  – получение информации об освобождении последней секции маршрута приема останавливаемым поездом  $j-1$  на станции  $i-1$  и времени этого события  $t_{\text{омп}j-i-1}$ ;

$S_{03}$  – получение информации о размыкании последней секции маршрута приема останавливаемого поезда  $j-1$  на станцию  $i-1$  и времени этого события  $t_{\text{рмп}j-i-1}$ ;

$W_{02}$  – команда открыть входной и выходной светофоры для безостановочного проследования приоритетного поезда  $j$  по станции скрещения  $i-1$ ;

$S_{04}$  – получение информации об открытии входного и выходного светофоров для проследования поезда  $j$  по станции  $i-1$  скрещения и времени этого события  $t_{\text{овых}ji-1}$ ,  $t_{\text{овх}ji-1}$ ;

$S_{05}$  – получение информации о последовательном занятии прибывающим на станцию  $i-1$  поездом  $j$  первого и второго участков приближения, изолированных секций маршрута и о пути приема, фиксация времени этих событий;

$S_{06}$  – получение информации о времени освобождения прибывающим поездом  $j$  последней изолированной секции маршрута приема на станцию  $i-1$ ;

$S_{07}$  – получение информации о времени размыкания прибывающим поездом  $j$  послед-

ней изолированной секции маршрута приема на станцию  $i-1$ ;

$S_{08}$  – получение информации о времени занятия прибывающим поездом  $j$  первой изолированной секции маршрута отправления со станции  $i-1$ ;

$W_{03}$  – команда открыть выходной светофор для отправления остановленного поезда  $j-1$  со станции скрещения  $i-1$ ;

$S_{09}$  – получение информации о времени открытия выходного светофора остановленному поезду  $j-1$ ;

$S_{10}$  – получение информации о времени занятия первой секции маршрута отправляемым поездом  $j-1$ ;

$C_{08}$  – расчет фактического перегонного времени хода поездов  $j$  и  $j-1$  между станциями  $i-1$  и  $i-2$ ,  $i-1$  и  $i$  как разности моментов времени освобождения поездом маршрута приема и занятия первой секции маршрута отправления с предыдущей станции;

$B_{02}$  – безусловный переход к операторам алгоритма после скрещения поездов в пределах станций  $i-1$ ,  $i$ ,  $i+1$ , расположенных за оператором ( $B_{02}$ );

$B_{03}$  – условие  $P_{02}$  не выполняется,  $\tau_{\text{нпо}jj-li} \geq \tau_{\text{нпн}jj-li}$ , это позволяет определить возможность скрещения на станции  $i$  с помощью операторов, расположенных за ( $B_{03}$ );

$C_{09}$  – прогноз перегонного времени хода поездов  $j-1$  и  $j$  от станций  $i$  и от  $i+2$  до станции  $i+1$ ;

$C_{10}$  – прогноз времени прибытия поездов  $j-1$  и  $j$  на станцию  $i+1$  с учетом затрат времени на замедление при остановке  $\tau_{zj-i+1}$ ;

$C_{11}$  – расчет нормируемого и ожидаемого интервалов неодновременного прибытия поездов  $j$  и  $j-1$  на станцию  $i+1$ ;

$A_{03}$  – сравнение нормируемого и ожидаемого интервалов неодновременного прибытия поездов  $j-1$  и  $j$  на станцию  $i+1$   $\tau_{\text{нпо}jj-li+1} - \tau_{\text{нпн}jj-li+1} \geq 0$ ;

$P_{03}$  – выполняется условие  $\tau_{\text{нпо}jj-li+1} < \tau_{\text{нпн}jj-li+1}$ , поэтому необходимо выполнить скрещение на предыдущей станции участка  $i$ ;

$W_{04}$  – команда открыть входной светофор на станции  $i$  поезду  $j-1$  с остановкой для скрещения с поездом  $j$ ;

$S_{11}$  – получение информации об освобождении последней секции маршрута приема останавливаемым поездом  $j-1$  на станции  $i$  и времени этого события  $t_{\text{омп}j-i}$ ;

$S_{12}$  – получение информации о размыкании последней секции маршрута приема останавливаемого поезда  $j-1$  на станцию  $i$  и времени этого события  $t_{\text{рмп}j-i}$ ;

$W_{05}$  – команда открыть входной и выходной светофоры для безостановочного проследования приоритетного поезда  $j$  по станции скрещения  $i$ ;

$S_{13}$  – получение информации об открытии входного и выходного светофоров для проследования поезда  $j$  по станции  $i$  скрещения и времени этого события  $t_{\text{овых}j}$ ,  $t_{\text{овх}j-i}$ ;

$S_{14}$  – получение информации о последовательном занятии прибывающим на станцию  $i$  поездом  $j$  первого и второго участков приближения, изолированных секций маршрута и пути приема, фиксация времени этих событий;

$S_{15}$  – получение информации о времени освобождения прибывающим поездом  $j$  последней изолированной секции маршрута приема на станцию скрещения  $i$ ;

$S_{16}$  – получение информации о времени размыкания прибывающим поездом  $j$  последней изолированной секции маршрута приема на станцию скрещения  $i$ ;

$S_{17}$  – получение информации о времени занятия прибывающим поездом  $j$  первой изолированной секции маршрута отправления;

$W_{06}$  – команда открыть выходной светофор для отправления остановленного поезда  $j-1$  со станции скрещения  $i$ ;

$S_{18}$  – получение информации о времени открытия выходного светофора остановленному поезду  $j-1$ ;

$S_{19}$  – получение информации о времени занятия первой секции маршрута отправляемым поездом  $j-1$ ;

$C_{12}$  – расчет фактического перегонного времени хода поездов  $j$  и  $j-1$  между станциями  $i$

и  $i-1$ ,  $i$  и  $i+1$  как разности моментов времени освобождения поездом маршрута приема и занятия первой секции маршрута отправления с предыдущей станции;

$B_{02}$  – безусловный переход к операторам алгоритма после скрещения поездов в пределах станций  $i-1$ ,  $i$ ,  $i+1$ , расположенных за оператором ( $B_{02}$ );

$B_{04}$  – условие  $P_{03}$  не выполняется,  $\tau_{\text{нпо}jj-i+1} \geq \tau_{\text{нпн}jj-i+1}$ , это позволяет определить возможность скрещения на станции  $i+1$  с помощью операторов, расположенных за ( $B_{04}$ );

$C_{13}$  – прогноз перегонного времени хода поездов  $j-1$  и  $j$  от станций  $i-1$  и  $i+1$  до станции  $i+2$ ;

$C_{14}$  – прогноз времени прибытия поездов  $j-1$  и  $j$  на станцию  $i+2$  с учетом затрат времени на замедление при остановке  $\tau_{3j-i+2}$ ;

$C_{15}$  – расчет нормируемого и ожидаемого интервалов неодновременного прибытия поездов  $j$  и  $j-1$  на станцию  $i+2$ ;

$A_{04}$  – сравнение нормируемого и ожидаемого интервалов неодновременного прибытия поездов  $j-1$  и  $j$  на станцию  $i+2$   $\tau_{\text{нпо}jj-i+2} - \tau_{\text{нпн}jj-i+2} \geq 0$ ;

$P_{04}$  – выполняется условие  $\tau_{\text{нпо}jj-i+2} < \tau_{\text{нпн}jj-i+2}$ , поэтому необходимо выполнить скрещение на предыдущей станции участка  $i+1$ ;

$W_{07}$  – команда открыть входной светофор на станции  $i+1$  поезду  $j-1$  с остановкой для скрещения с поездом  $j$ ;

$S_{20}$  – получение информации об освобождении последней секции маршрута приема останавливаемым поездом  $j-1$  на станции  $i+1$  и времени этого события  $t_{\text{омп}j-i+1}$ ;

$S_{21}$  – получение информации о размыкании последней секции маршрута приема останавливаемого поезда  $j-1$  на станцию  $i+1$  и времени этого события  $t_{\text{рмп}j-i+1}$ ;

$W_{08}$  – команда открыть входной и выходной светофоры для безостановочного проследования приоритетного поезда  $j$  по станции скрещения  $i+1$ ;

$S_{22}$  – получение информации об открытии входного и выходного светофоров для про-



следования поезда  $j$  по станции  $i+1$  скрещения и времени этого события  $t_{\text{овых}j i+1}$ ,  $t_{\text{овх}j i+1}$ ;

$S_{23}$  – получение информации о последовательном занятии прибывающим на станцию  $i+1$  поездом  $j$  первого и второго участков приближения, изолированных секций маршрута и пути приема, фиксация времени этих событий;

$S_{24}$  – получение информации о времени освобождения прибывающим поездом  $j$  последней изолированной секции маршрута приема на станцию скрещения  $i+1$ ;

$S_{25}$  – получение информации о времени размыкания прибывающим поездом  $j$  последней изолированной секции маршрута приема на станцию скрещения  $i+1$ ;

$S_{26}$  – получение информации о времени занятия прибывающим поездом  $j$  первой изолированной секции маршрута отправления;

$W_{09}$  – команда открыть выходной светофор для отправления остановленного поезда  $j-1$  со станции скрещения  $i+1$ ;

$S_{27}$  – получение информации о времени открытия выходного светофора остановленному поезду  $j-1$ ;

$S_{28}$  – получение информации о времени занятия первой секции маршрута отправляемым поездом  $j-1$ ;

$C_{16}$  – расчет фактического перегонного времени хода поездов  $j$  и  $j-1$  между станциями  $i+1$  и  $i$ ,  $i+1$  и  $i+2$  как разности моментов времени освобождения поездом маршрута приема и занятия первой секции маршрута отправления с предыдущей станции;

$B_{02}$  – безусловный переход к операторам алгоритма после скрещения поездов в пределах станций  $i-1$ ,  $i$ ,  $i+1$ , расположенных за оператором ( $B_{02}$ );

$B_{05}$  – условие  $P_{04}$  не выполняется,  $\tau_{\text{нпо}j i-1 i+2} \geq \tau_{\text{нпн}j i-1 i+2}$ , это позволяет определить возможность скрещения на других станциях соседнего участка.

## Заключение

Предложен метод алгоритмического описания принятия решений поездным диспетчером о выборе станций скрещения с учетом приоритета поездов и их параметров. Алгоритм предназначен для использования при построении автоматизированных систем информационного обеспечения поездных диспетчеров и управления движением поездов.

## Библиографический список

1. Инструкция по определению станционных и межпоездных интервалов. – М., 2011.
2. Инструкция по разработке графика движения поездов в ОАО «РЖД». – М., 2006. – 179 с.
3. Кокурин И. М. Нормы времени и нормативы численности маневровых (станционных) диспетчеров, дежурных и операторов железнодорожных станций / И. М. Кокурин, А. Б. Никитин, Н. А. Сапунов и др. // Сб. Проектного и внедренческого центра организации труда МПС. – М., 1990. – 98 с.
4. Кокурин И. М. Определение длин диспетчерских участков в условиях автоматизации управления железнодорожными перевозками / И. М. Кокурин // Транспорт : наука, техника, управление. – 1992. – № 4. – С. 9–12.
5. Кокурин И. М. Теория и методы обоснования уровня автоматизации управления процессами перевозок на основе систем железнодорожной автоматики и телемеханики : дис. ... докт. техн. наук : 05.22.08 / И. М. Кокурин. – Л., 1986. – 322 с.