

УДК 625.1 004.94

Тимченко Вячеслав Сергеевич

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
«Институт проблем транспорта им. Н.С. Соломенко Российской академии наук»
Россия, Санкт-Петербург¹
Младший научный сотрудник
E-Mail: tim4enko.via4eslav@mail.ru

Алгоритмы расчета графиков проведения ремонтных работ железнодорожного пути на перспективу

Аннотация: Железнодорожный транспорт является неотъемлемой частью транспортной системы страны, которая на сегодняшний момент нуждается в модернизации для обеспечения потребностей в пассажирских и грузовых перевозках. Рост грузопотоков привел к появлению «узких мест», ограничивающих пропускную и провозную способности железнодорожных направлений.

Возникает противоречивая ситуация, с одной стороны, увеличивается потребное количество длительных перерывов в движении поездов («окон») для ремонтов и реконструкции железнодорожных направлений, а с другой стороны их предоставление снижает пропускную способность, в которой железнодорожный транспорт испытывает дефицит. Необходимо учитывать это противоречие при оценке возможности освоения прогнозируемых объемов перевозок.

Для решения этой задачи, автором разработаны алгоритмы расчета графиков «окон» на основании опыта специалистов Путьрем ОАО «РЖД». В работе подробно описана технология составления графиков для усиленного среднего ремонта железнодорожного пути и замены стрелочных переводов, которая впоследствии формализована с помощью операторов и логических условий. Реализация алгоритмов в программном комплексе имитационного моделирования процессов перевозок позволяет разработать графики и оценить возможность освоения перспективных объемов перевозок в условиях проведения ремонтных работ.

Ключевые слова: Транспортная система; железнодорожный транспорт; «узкие места»; ремонтные и реконструкционные работы; планирование; «окна»; усиленный средний ремонт; глубокая очистка балласта; чистовая выправка пути; пропускная способность; имитационное моделирование.

Идентификационный номер статьи в журнале 06TVN314

¹ ИПТ РАН, 199178, г. СПб, 12-я линия ВО, д.13

Железнодорожный транспорт является неотъемлемой частью транспортной системы страны, которая на сегодняшний момент нуждается в модернизации для обеспечения потребностей в пассажирских и грузовых перевозках [1-6].

По данным Института экономики и развития транспорта протяженность «узких мест» на сети железных дорог в настоящий момент составляет 8,3 тыс. км., а к 2020 году прогнозируется их увеличение до 19,2 тыс. км. [7]. Это требует проведения реконструкционных мероприятий, сопровождающихся, также как и ремонтные работы предоставлением длительных «окон».

Возникает противоречивая ситуация, с одной стороны, увеличивается потребное количество «окон» для ремонтов и реконструкции железнодорожных направлений, а с другой стороны их предоставление снижает пропускную способность, в которой железнодорожный транспорт испытывает дефицит.

Возникает необходимость оценки пропускной способности на весь период проведения реконструкции железнодорожных направлений, продолжительностью 5-10 и более лет, несвоевременное проведение которой приведет к невозможности освоения перспективных объемов перевозок.

Это требует разработки графиков предоставления «окон» на перспективу, в то время как специалисты Путьрем ОАО «РЖД» разрабатывают их только на год вперед.

Для решения этой задачи коллективом ученых и программистов был разработан модуль планирования ремонтных работ (МПРР) в рамках программного комплекса имитационного моделирования процессов перевозок, составляющий графики предоставления «окон» для проведения ремонтных и реконструкционных работ и позволяющий учесть их влияние на пропускную способность железнодорожных направлений в течение всего периода реконструкции [8-11].

С целью формализации опыта специалистов Путьрем ОАО «РЖД», занимающихся разработкой графиков предоставления «окон», был составлен комплекс алгоритмов.

В работе [12] был рассмотрен «Алгоритм планирования ремонтов по годам рассматриваемого периода, с учетом пропускаемого грузопотока», реализация которого позволяет определить сроки проведения ремонтных работ.

В данной работе представлены составленные автором алгоритмы разработки графиков проведения работ для усиленного среднего ремонта железнодорожного пути (F_{YC}) и замены стрелочных переводов ($F_{СП}$).

К основным видам работ при усиленном среднем ремонте, для которых требуется предоставление длительных «окон», относятся:

1. Глубокая очистка балласта;
2. Чистовая выправка пути.

Фрагмент графика предоставления «окон» для проведения усиленного среднего ремонта железнодорожного пути, представлен на рис. 1.

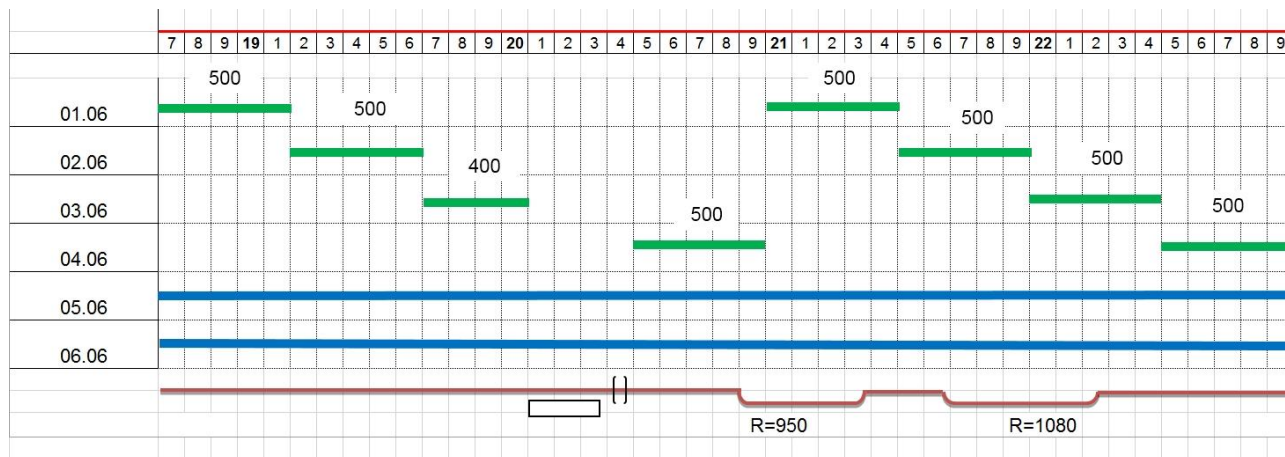


Рис. 1. Фрагмент графика предоставления «окон» для проведения усиленного среднего ремонта железнодорожного пути

Ремонтные работы на приведенном графике выполняются двумя колоннами путевой техники по глубокой очистке балласта (отрезки зеленого цвета). У платформы (прямоугольник) и переезда (скобки) балласт очищается вручную, поэтому объем работ выполняемый за восьмичасовое «окно» в первой колонне снижается с 500 до 400 м. Затем проводится два цикла чистовой выправки пути (отрезки синего цвета).

Исходя из выработки лимитирующих машин (имеющих минимальную выработку в единицу времени), необходимо определить производительность ремонтных работ для различных продолжительностей «окон». При этом нормативную производительность работ, определяемую по технолого-нормировочным картам, необходимо уменьшить, учитывая потери рабочего времени на оформление закрытия перегона, а также на проследование путевой техники к месту работ и обратно.

Для расчета времени следования путевой техники к ремонтируемому участку, необходимо выбрать пути для ее размещения на примыкающих станциях.

Потери рабочего времени (мин.) рассчитываются по формуле:

$$t_{сн} = t_{оф} + \frac{L}{V} \times 60,$$

где $t_{оф}$ – время на оформление закрытия перегона, мин;

L – расстояние от станции дислокации путевой техники до места производства работ, км;

V – скорость движения машин в составе поезда, км/ч.

При нахождении на участке пассажирских платформ, переездов, мостов и других препятствий, снижается производительности работ по глубокой очистке балласта из-за потерь времени на разрядку, проследование препятствия в разряженном состоянии и зарядку машины в соответствии с нормами на выполнение этих операций для конкретной модели щебнеочистительной машины.

Для фронта работ по глубокой очистке балласта производится расчет необходимого количества «окон». Затем осуществляется проверка возможности выполнения работ по чистовой выправке пути в «совмещенные окна» с глубокой очисткой балласта, в целях сокращения потребности в «окнах».

«Совмещенное окно» – это «окно» в графике движения поездов предоставленное под прикрытием основного «окна», позволяющее выполнять одновременно работы в разных местах ремонтируемого участка [13].

Для работ, которые не могут быть выполнены в «совмещенные окна», проводится расчет количества «окон» для чистовой выправки пути.

На основании описанной выше технологии был составлен алгоритм разработки графиков предоставления «окон» для усиленного среднего ремонта железнодорожного пути, с использованием обозначений операторов и логических условий, предложенных в [14], который имеет следующий вид:

$$F_{УС} = D_{01}D_{02}D_{03}C_{01}D_{04}P_{01}B_{01}C_{02}(B_{01})(B_{02})(B_{03})C_{03}P_{02}B_{02}C_{04}M_{01}C_{05}P_{03}B_{03}W_{01}D_{05}D_{06}(B_{06})P_{04}B_{04}A_{01}(B_{05})M_{01}C_{06}P_{05}B_{05}C_{04}M_{01}C_{05}P_{06}B_{06}W_{02}(B_{04})(B_{08})(B_{07})C_{06}P_{07}B_{07}C_{04}M_{01}C_{05}P_{08}B_{08}W_{03}W_{04}$$

D_{01} – ввод производительности ремонтных работ;

D_{02} – ввод продолжительности «окон»;

D_{03} – ввод скорости следования путевой техники на перегон;

D_{04} – ввод продолжительности зарядки и разрядки щебнеочистительной машины;

D_{05} – ввод количества выправок;

D_{06} – ввод минимального расстояния для выполнения работ в «совмещенное окно»;

M_{01} – отрисовка фронта, который был выполнен в «окно»;

C_{01} – расчет времени транспортировки техники со станции на перегон и обратно;

C_{02} – расчет полезного времени «окна»;

C_{03} – расчет продолжительности ремонта фронта работ длиной в 100 метров для глубокой очистки балласта;

C_{04} – суммирование стометровых участков, отремонтированных в «окно»;

C_{05} – суммирование фронта работ, выполненных на текущий момент;

C_{06} – расчет продолжительности ремонта фронта работ длиной в 100 метров для выправки пути;

W_{01} – завершение разработки графика по глубокой очистке балласта;

W_{02} – завершение разработки графика чистовой выправки пути в «совмещенные окна» с глубокой очисткой балласта;

W_{03} – завершение разработки графика для чистовой выправки пути;

W_{04} – формирования графика ремонтных работ по усиленному среднему ремонту;

A_{01} – принятие решения о выполнении работ в «совмещенное окно»;

P_{01} – проверка наличия препятствий на ремонтируемом участке (платформа, переезд, мост и т.д.);

B_{01} – переход алгоритма к указанному оператору при невыполнении условия;

P_{02} – сравнение длительности ремонтных работ по глубокой очистке балласта с продолжительностью «окна»;

- B_{02} – переход алгоритма к указанному оператору при невыполнении условия;
- P_{03} – сравнение выполненного и общего фронтов работ по глубокой очистке балласта;
- B_{03} – переход алгоритма к указанному оператору при невыполнении условия;
- P_{04} – проверка возможности выполнения чистовой выправки пути в «совмещенное окно» с глубокой очисткой балласта;
- B_{04} – переход алгоритма к указанному оператору при невыполнении условия;
- P_{05} – сравнение длительности ремонтных работ в «совмещенные окна» с продолжительностью «окна»;
- B_{05} – переход алгоритма к указанному оператору при невыполнении условия;
- P_{06} – сравнение объема выполненных работ с количеством выправок по всему фронту работ;
- B_{06} – переход алгоритма к указанному оператору при невыполнении условия;
- P_{07} – сравнение длительности ремонтных работ по чистовой выправке пути с продолжительностью «окна»;
- B_{07} – переход алгоритма к указанному оператору при невыполнении условия;
- P_{08} – сравнение объема выполненных работ с количеством выправок по всему фронту работ;
- B_{08} – переход алгоритма к указанному оператору при невыполнении условия.

Наряду с усиленным средним ремонтом, длительные «окна» предоставляются для смены стрелочных переводов. Особенностью этого вида работ является необходимость их выполнения в течение одного «окна», длительность которого отражена в «Технологическом процессе по замене стрелочного перевода», разработанном исходя из местных условий и используемой в ремонтных работах путевой техники в отдельности для каждой стрелки.

Для расчета графика предоставления «окон» на перспективу, в условиях трудоемкости работы по изучению всех технологических процессов для каждого стрелочного перевода, расположенного на главном пути ремонтируемого участка, предлагается закладывать «окно» продолжительностью 12 часов.

В целях сокращения общего времени проведения ремонтов проверяется возможность смены стрелочных переводов в «совмещенные окна» с работами по модернизации и усиленному среднему ремонту, если сроки их выполнения совпадают, и работы на смене стрелочного перевода не мешают проследованию путевой техники на перегон.

Это связано с тем, что проследование путевой техники на перегон и обратно занимает от 30 мин до 2 часов, а работы по смене стрелочного перевода выполняются в «окно» продолжительностью до 12 часов. Таким образом, если маршрут путевой техника при следовании на перегон и обратно будет проходить через ремонтируемую стрелку, то суммарная длительность закрытия ремонтируемого пути для движения поездов может составить от 12,5 до 14 часов, что является недопустимым.

Алгоритм проверки возможности проведения ремонтных работ по смене стрелочного перевода в «совмещенные окна» с другими видами работ имеет следующий вид:

$$F_{СП} = M_{02}D_{07}D_{08}D_{09}(B_{10})M_{03}P_{09}B_{09}A_{02}C_{07}C_{08}(B_{09})A_{03}C_{09}P_{10}B_{10}M_{04}W_{09}$$

D_{07} – ввод данных о количестве ремонтируемых стрелочных переводов на станции;

- D_{08} – ввод номеров стрелочных переводов, подлежащих замене;
- D_{09} – ввод наименования ремонтируемого перегона;
- M_{02} – выделение станционных путей для размещения путевой техники и жилых вагонов;
- M_{03} – задание всех возможных маршрутов с путей, на которых дислоцируется техника, на ремонтируемый перегон;
- M_{04} – выделение «окна» продолжительностью 12 часов на каждый ремонтируемый стрелочный перевод;
- C_{07} – расчет фронта работ, который может быть выполнен в «совмещенное окно», продолжительностью 12 часов;
- C_{08} – вычитание из общей длины ремонтируемого участка, фронта работ, который был выполнен в совмещенное «окно» со сменой стрелочного перевода;
- C_{09} – расчет количества отремонтированных стрелочных переводов;
- W_{09} – окончание формирования графика ремонтных работ по смене стрелочных переводов;
- A_{02} – принятие решения о выполнении работ по ремонту стрелочного перевода в «совмещенное окно»;
- A_{03} – принятие решения об отклонении варианта выполнения работ в «совмещенное окно» - выполнение только смены стрелочного перевода;
- P_{09} – поиск маршрутов со всех путей дислокации путевой техники, на ремонтируемый перегон, которые не проходят по ремонтируемому стрелочному переводу;
- B_{09} – переход алгоритма к указанному оператору при невыполнении условия;
- P_{10} – сравнение количества отремонтированных стрелочных переводов с общим количеством, подлежащим ремонту;
- B_{10} – переход алгоритма к указанному оператору при невыполнении условия.

На основании представленных алгоритмов в модуле планирования ремонтных работ разрабатывается график, содержащий информацию о датах, местах расположения и продолжительности предоставляемых «окон», который используется [15] при определении наличной пропускной способности железнодорожных направлений и достаточности реконструкционных мероприятий по освоению перспективных объемов перевозок.

Результаты имитационного моделирования, которые содержат информацию о количестве пропущенных поездов по ремонтируемому участку за год, в условиях предоставления «окон», являются исходными данными для дальнейшего планирования ремонтных работ на перспективу.

Важным результатом использования алгоритмов для разработки графиков предоставления «окон» в рамках программного комплекса имитационного моделирования процессов перевозок, является возможность оценки наличной пропускной способности, учитывающей ремонтные работы, в течение всего периода проведения реконструкции железнодорожного направления. Это позволяет проверить достаточность планируемых организационных и реконструктивных мероприятий, необходимых для освоения перспективных объемов грузопотоков.

ЛИТЕРАТУРА

1. Белый О.В. Фундаментальная наука и перспективы отечественного транспорта // Мир транспорта. – 2003. - №4. – С. 24-30.
2. Белый О.В. Инновационные проблемы развития транспорта // Бюллетень объединенного ученого совета ОАО РЖД. – 2010. - №4. – С. 97-100.
3. Белый О.В. О стратегии развития транспортной отрасли до 2030 года // Транспорт Российской Федерации. – 2009. - №3-4. – С. 5-9.
4. Белый О.В. Кокурин И.М. Организация грузовых железнодорожных перевозок: пути оптимизации // Транспорт Российской Федерации. – 2011. - №4. – С. 28-30.
5. Тимченко В.С. Метод мониторинга параметров движения грузовых поездов // Инфраструктурные отрасли экономики: проблемы и перспективы развития. – 2014. – №4. – С. 93-97.
6. Тимченко В. С. Потенциальные возможности расширения круга задач, решаемых с помощью мониторинга в транспортном комплексе // Молодой ученый. — 2014. — №4. — С. 273-276.
7. Якунин В.И. ОАО «РЖД». Инфраструктура промышленного роста// Федеральный справочник. Инфраструктура России. URL: <http://federalbook.ru/files/Infrastruktura/Soderjaniye/Tom-2/II/Yakunin.pdf> (дата обращения 15.04.2014 г.).
8. Кокурин И.М., Кудрявцев В.А. Оценка пропускной способности железнодорожных линий на основе имитационного моделирования процессов перевозок //Известия Петербургского университета путей сообщения. 2012. № 2 С. 18-22.
9. Кокурин И.М., Белозеров В.Л. Комплекс методов мониторинга продвижения поездов и имитационного моделирования процессов перевозок. // Известия Петербургского университета путей сообщения. 2012. №2. С. 27-31.
10. Кокурин И.М., Тимченко В.С. Методы определения «узких мест», ограничивающих пропускную способность железнодорожных направлений // Известия Петербургского университета путей сообщения. 2013. №1 С. 15 – 22.
11. Ковалев К.Е., Тимченко В.С. Оценка мероприятий по развитию инфраструктуры в масштабе железнодорожных направлений с учетом загруженности оперативного персонала технических станций // Молодой ученый. 2014. №3. С. 298-302.
12. Тимченко В.С. Алгоритмизация процессов оценки пропускной способности железнодорожных участков в условиях предоставления окон // Транспорт Российской Федерации. 2013. №5 (48). С. 34-37.
13. Сай В. М. Совершенствование организации ремонтно-строительных работ в условиях движения поездов // Вестник УрГУПС. 2010. №2. С. 29-37.
14. Кокурин И.М., Ковалев К.Е. Метод расчета загруженности оперативно-диспетчерского персонала технических станций, основанный на алгоритмическом описании содержания труда //Известия Петербургского университета путей сообщения. 2013. №3 С. 18-23.
15. Тимченко В.С. Оценка перспективной пропускной способности участков железнодорожной сети с учетом предоставления «окон», на основе применения имитационного моделирования процессов перевозок // Молодой ученый. 2014. №2. С. 199-204.

Рецензент: Гаранцев Александр Алексеевич, д.т.н., профессор, заведующий лаборатории «Проблем развития транспортных систем и технологий», Институт проблем транспорта им. Н.С. Соломенко РАН (г. Санкт-ПетербургРФ).

Timchenko Viacheslav

Solomenko Institute of Transport Problems of the Russian Academy of Sciences
Russia, Sankt-Petersburg
E-Mail: tim4enko.via4eslav@mail.ru

Calculation algorithms of schedules carrying out railway lines repair work for some years forward

Abstract: Railway transport is an integral part of the country transport system, which for today needs in modernizations for ensuring requirements in passenger and freight transportation. Growth of freight traffics brought to emergence of "bottlenecks". This one limit throughput and carrying abilities of railway lines.

There is an inconsistent situation. On the one hand, long breaks necessary quantity in movement of trains are increases. On the other hand, this one reduces scarce railway capacity. This contradiction has to be considered at an opportunity assessment of transportations predicted volumes development on prospect.

The author developed schedules calculation algorithms of breaks in trains movement for the solution of this task. Algorithms consider experts experience of Russian Railways. Technologies of drawing up schedules for track strengthened average repair and railroad switches replacements are in detail described in the article. Technologies are formalized with the help of operators and logical conditions. Algorithms realization in a program complex of transportations processes imitating modeling allows to develop schedules and estimate development possibility of transportations perspective volumes in the conditions of carrying out repair work.

Keywords: Transport system; railway transport; bottlenecks; repair and reconstruction work; planning; trains movement breaks; the strengthened average repair; deep cleaning of a ballast; track final bearing; capacity; imitating modeling.

Identification number of article 06TVN314

REFERENCES

1. Belyj O.V. Fundamental'naja nauka i perspektivy otechestvennogo transporta // Mir transporta. – 2003. - №4. – S. 24-30.
2. Belyj O.V. Innovacionnye problemy razvitija transporta // Bjulleten' ob#edinennogo uchenogo soveta OAO RZhD. – 2010. - №4. – S. 97-100.
3. Belyj O.V. O strategii razvitija transportnoj otrasli do 2030 goda // Transport Rossijskoj Federacii. – 2009. - №3-4. – S. 5-9.
4. Belyj O.V. Kokurin I.M. Organizacija gruzovyh zheleznodorozhnyh perevozok: puti optimizacii // Transport Rossijskoj Federacii. – 2011. - №4. – S. 28-30.
5. Timchenko V.S. Metod monitoringa parametrov dvizhenija gruzovyh poezdov // Infrastrukturnye otrasli jekonomiki: problemy i perspektivy razvitija. – 2014. – №4. – S. 93-97.
6. Timchenko V. S. Potencial'nye vozmozhnosti rasshirenija kruga zadach, reshaemyh s pomoshh'ju monitoringa v transportnom komplekse // Molodoy uchenyj. — 2014. — №4. — S. 273-276.
7. Jakunin V.I. OAO «RZhD». Infrastruktura promyshlennogo rosta// Federal'nyj spravochnik. Infrastruktura Rossii. URL: <http://federalbook.ru/files/Infrastruktura/Soderjaniye/Tom-2/II/Yakunin.pdf> (data obrashhenija 15.04.2014 g.).
8. Kokurin I.M., Kudrjavcev V.A. Ocenka propusknoj sposobnosti zheleznodorozhnyh linij na osnove imitacionnogo modelirovanija processov perevozok //Izvestija Peterburgskogo universiteta putej soobshhenija. 2012. № 2 S. 18-22.
9. Kokurin I.M., Belozero V.L. Kompleks metodov monitoringa prodvizhenija poezdov i imitacionnogo modelirovanija processov perevozok. // Izvestija Peterburgskogo universiteta putej soobshhenija. 2012. №2. S. 27-31.
10. Kokurin I.M., Timchenko V.S. Metody opredelenija «uzkih mest», ogranicivajushhh propusknuju sposobnost' zheleznodorozhnyh napravlenij // Izvestija Peterburgskogo universiteta putej soobshhenija. 2013. №1 S. 15 – 22.
11. Kovalev K.E., Timchenko V.S. Ocenka meroprijatij po razvitiju infrastruktury v masshtabe zheleznodorozhnyh napravlenij s uchetom zagruzhennosti operativnogo personala tehniceskikh stancij // Molodoy uchenyj. 2014. №3. S. 298-302.
12. Timchenko V.S. Algoritmizacija processov ocenki propusknoj sposobnosti zheleznodorozhnyh uchastkov v uslovijah predostavlenija okon // Transport Rossijskoj Federacii. 2013. №5 (48). S. 34-37.
13. Saj V. M. Sovershenstvovanie organizacii remontno-stroitel'nyh rabot v uslovijah dvizhenija poezdov // Vestnik UrGUPS. 2010. №2. S. 29-37.
14. Kokurin I.M., Kovalev K.E. Metod rascheta zagruzhennosti operativno-dispetcherskogo personala tehniceskikh stancij, osnovannyj na algoritmicheskom opisanii sodержanija truda //Izvestija Peterburgskogo universiteta putej soobshhenija. 2013. №3 S. 18-23.
15. Timchenko V.S. Ocenka perspektivnoj propusknoj sposobnosti uchastkov zheleznodorozhnoj seti s uchetom predostavlenija «okon», na osnove primenenija imitacionnogo modelirovanija processov perevozok // Molodoy uchenyj. 2014. №2. S. 199-204.