

АВТОМАТИКА И ТЕЛЕМЕХАНИКА

УДК 629.4.027

В. И. ЛИНЬКОВ, кандидат технических наук, Московский государственный университет путей сообщения, г. Москва

**ИНТЕРВАЛЬНОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ ДВИЖЕНИЯ ПОЕЗДОВ
И ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ ЕГО ЭФФЕКТИВНОСТИ**

Отражены результаты, полученные автором в области технологии интервального регулирования движения поездов, в которых надежность, безопасность и т. п. рассматриваются как отдельные свойства технической системы. По мнению автора, совокупность указанных свойств может быть объединена в понятие «комплексная эффективность».

В настоящее время в области интервального регулирования движения поездов (ИРДП) господствует системный подход в ущерб процессному, что связано с отсутствием методик выбора способов ИРДП (СИРДП) и их параметров, а следовательно, и инструментария, обеспечивающего их реализацию. При этом параметры ТП ИРДП одновременно являются и эксплуатационными параметрами СИРДП, примерами которых являются значения контролируемой и целевой скорости для каждого сигнального показания. Количество показателей эффективности ТП ИРДП ограничено. Используемая автором трактовка понятия эффективности соответствует академическому источнику [1]. Она подразумевает эквивалентность понятий эффективности ТП ИРДП и СИРДП.

В соответствие с указанным подходом надежность, безопасность и др. показатели рассматриваются как отдельные свойства технической системы. По мнению автора, совокупность указанных свойств может быть объединена в понятие «комплексная эффективность». В этом случае целесообразно использовать термин функциональная (эксплуатационная) эффективность технической системы.

На стадии разработки в основном применяется аналитический метод моделирования, рассматривающий равнопеременное движение поезда без учета изменения профиля пути, по которому он следует. В качестве показателей эффективности ИРДП используются минимальный и межпоездной интервалы, называемые иногда ошибочно интервалом попутного следования. Указанные показатели недостаточно полно характеризуют эффективность движения поездов и не исключают возможность некорректного сравнения разных способов ИРДП, например классической автоблокировки и новых систем ИРДП. В первом случае берет-

ся нормативное разграничение, которое является увеличенным по сравнению с минимальным по условиям безопасности движения, а во втором случае – минимальное разграничение.

Создание ТП ИРДП можно назвать решением задачи синтеза ТП ИРДП на стадии разработки.

Задачей синтеза ТП ИРДП на стадии проектирования является привязка технологического процесса к конкретным условиям эксплуатации. Она заключается в разбивке перегонов на блок-участки, а иногда и выборе сигналов, которые должны приниматься при нахождении головы поезда на этих блок-участках в зависимости от поездной ситуации. Технология расстановки светофоров автоблокировки регламентируется отраслевыми нормативными документами, в том числе и [2]. Основными особенностями этих документов являются следующие положения:

1) методика расстановки светофоров представляет собой частично формализованный алгоритм, обеспечивающий нахождение одного из возможных, с точки зрения автора статьи, вариантов расстановки светофоров;

2) выбор варианта кривых движения поездов по перегону в методике не рассматривается, и результат определяется предпочтением проектировщика;

3) в методике используется только один показатель эффективности ИРДП – это заданный на перспективу межпоездной интервал, следовательно, эффективность полученного варианта расстановки светофоров не рассматривается;

4) методика не дает ответ, при каких задержках впереди идущего поезда, на какое показание путевого светофора будет следовать позади идущий и, начиная с какой величины задержки, будут осуществляться подтормаживания и сколько их будет, что обусловлено отсутствием методики

расчета соответствующих показателей комплексной эффективности;

5) основой расстановки является нормативное разграничение поездов, трехблочное при трехзначной автоблокировке, которое фактически определяет количество блок-участков на перегоне;

б) из нормативных документов следует, что указанное разграничение обеспечивает нормальное движение поездов, однако отдельные авторы [3] указывают, что это не всегда так, и ставят вопрос о необходимости запаса пропускной способности, т. е. о фактическом увеличении разграничения поездов по сравнению с нормативным.

На стадии эксплуатации СИРДП не проводится анализ эффективности ТП ИРДП, что объясняется отсутствием пригодных для этого показателей.

Таким образом, недостаточное внимание к вопросам технологии ИРДП, недооценка необходимости ее ускоренного развития по сравнению с теорией и практикой разработки систем ИРДП, приводит к проблеме несоответствия эффективности технологического процесса движения поездов потребностям практики. Следовательно, является актуальной разработка технологии анализа и повышения эффективности интервального регулирования движения поездов.

В связи с вышесказанным были предложены показатели, которые характеризуют напряженность ведения поезда машинистом и чувствительность СИРДП к задержкам поездов.

В качестве первого комплексного показателя предлагается время нулевого, первого, второго и т. д. рода опережения в появлении разрешающего показания на путевом (локомотивном) светофоре. Порядковый номер рода взят соответствующим порядковому номеру подтормаживания поезда при его сближении с препятствием. На предшествующем участке подразумевается движение с максимальной скоростью. Методика определения указанных показателей приведена на рисунках 1–3 для автоблокировки с защитными участками.

В качестве второго комплексного показателя могут использоваться те же показатели, за исключением относящихся к нулевому роду. Под временем опережения в появлении некоторого разрешающего показания на путевом светофоре будем понимать величину времени, на которую появление этого огня опережает наступление определенного события, связанного с проследованием головой позадидущего поезда характерных точек, в которых может осуществляться переход от одной фазы процесса ИРДП к другой.

Для автоблокировки таким событием является проследование головой поезда:

- путевого светофора с разрешающим показанием (на рисунке 2 точки *B* и *D*);
- первой, второй и третьей точек критического сближения поездов (на рисунке 3 соответственно точки *C*, *E*, *G*).

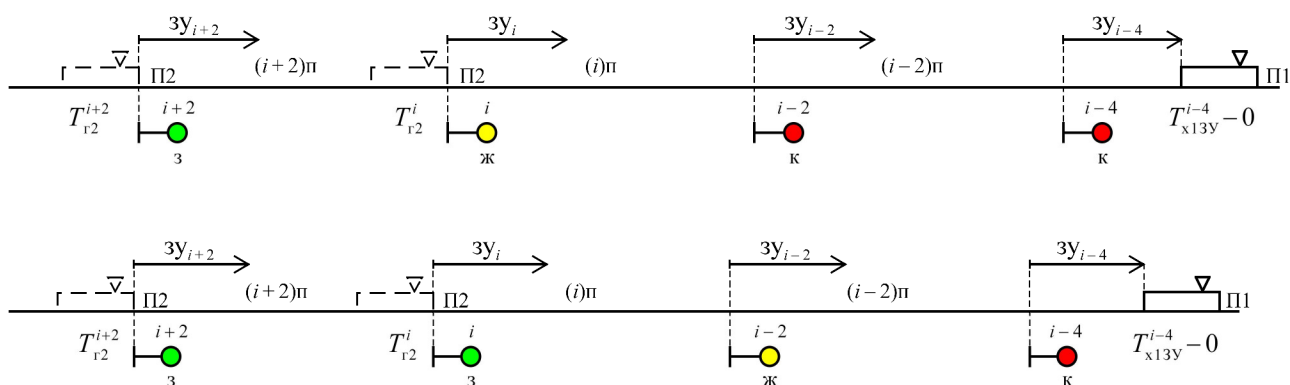


Рисунок 1 – Методика оценки времени нулевого рода опережения в появлении зеленого и желтого огней на путевых светофорах трехзначной автоблокировки с защитными участками:

T_{r2}^{i+2} – момент проследования головой поезда П2 ($i + 2$)-го путевого светофора; T_{r2}^i – момент проследования головой поезда П2 i -го путевого светофора; T_{x13y}^{i-4} – момент освобождения хвостом поезда П1 защитного участка за ($i - 4$)-м путевым светофором; $T_{0з}^i = T_{r2}^{i+2} - T_{x13y}^{i-4}$ – время нулевого рода опережения в появлении зеленого огня на i -м путевом светофоре; $T_{0ж}^{i-2} = T_{r2}^i - T_{x13y}^{i-4}$ – время нулевого рода опережения в появлении желтого огня на ($i - 2$)-м путевом светофоре

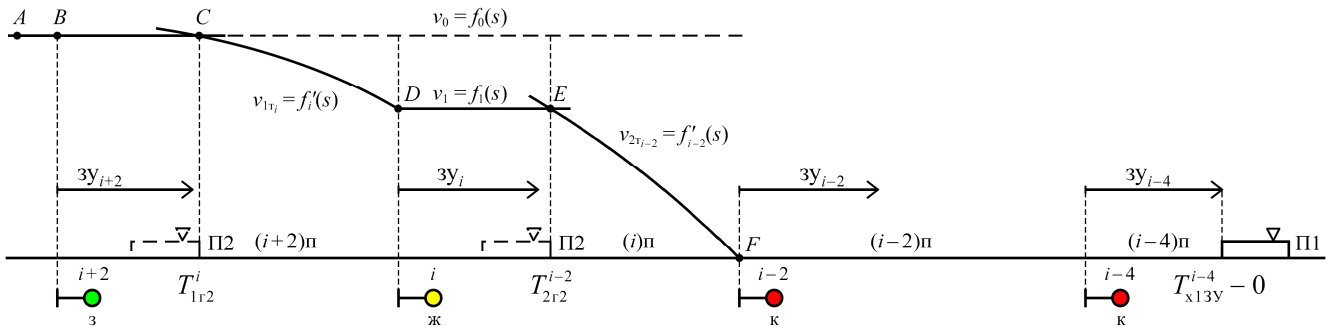


Рисунок 2 – Методика оценки времени второго рода опережения в появлении желтого огня при двухступенчатом варианте торможения поезда П2 и первого рода опережения в появлении зеленого огня путевых светофоров трехзначной автоблокировки с защитными участками:

$v_0 = f_0(s)$ – плановая кривая скорости движения по перегону; $v_{1T_i} = f'_i(s)$, $v_{2T_{i-2}} = f'_{i-2}(s)$ – кривая скорости движения по перегону при соответственно первой и второй ступенях торможения; $v_1 = f_i(s)$ – кривая скорости движения после первой ступени торможения;

C, E – точки соответственно первого и второго моментов критического сближения; T_{1r2}^i, T_{2r2}^{i-2} – моменты соответственно первого и второго критического сближения поезда П2 с поездом П1; T_{x13y}^{i-4} – момент освобождения хвостом поезда П1 ЗУ за $(i-4)$ -м путевым светофором;

$$T_{1ос}^i = T_{1r2}^i - T_{x13y}^{i-4} \text{ – время первого рода опережения зеленого огня на } i\text{-м путевом светофоре}$$

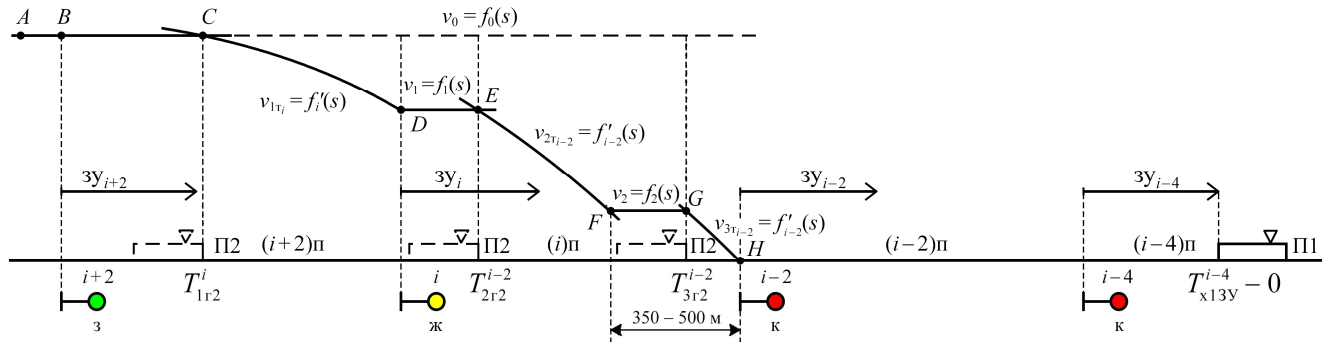


Рисунок 3 – Методика оценки при трехступенчатом варианте торможения поезда П2 времени второго и третьего родов опережения в появлении желтого огня путевых светофоров трехзначной автоблокировки с защитными участками:

C, E, G – точки соответственно первого, второго и третьего моментов критического сближения; T_{2r2}^{i-2} – момент второго критического сближения поезда П2 с поездом П1; T_{3r2}^{i-2} – момент третьего критического сближения поезда П2 с поездом П1; T_{x13y}^{i-4} – момент освобождения хвостом поезда П1 ЗУ за $(i-4)$ -м путевым светофором;

$T_{2ок}^{i-2} = T_{2r2}^{i-2} - T_{x13y}^{i-4}$ – время второго рода опережения желтого огня на $(i-2)$ -м путевом светофоре; $T_{3ок}^{i-2} = T_{3r2}^{i-2} - T_{x13y}^{i-4}$ – время третьего рода опережения желтого огня на $(i-2)$ -м путевом светофоре;

$T_{1ос}^i = T_{1r2}^i - T_{x13y}^{i-4}$ – время первого рода опережения зеленого огня на i -м путевом светофоре; $T_{2ок}^{i-2} = T_{2r2}^{i-2} - T_{x13y}^{i-4}$ – время второго рода опережения желтого огня на $(i-2)$ -м путевом светофоре

Точкой критического сближения называется точка пересечения фактической или плановой кривой скорости и кривой скорости при служебном торможении поезда, обеспечивающем проследование характерных точек с требуемой уменьшенной скоростью, определяемой поездной ситуацией. Так, например, первой и второй точками критического сближения является точка пересечения фактической или плановой кривой скорости и кривой скорости при служебном торможении поезда, обеспечивающем проследование соответственно путевого светофора с желтым огнем (точка D) со скоростью $v_{кж}$, а точки F –

при двух- и трехступенчатом торможении соответственно со скоростью 0 или v_0 .

В общем случае, чем больше величина времени опережения, тем лучше, с точки зрения уменьшения напряженности ведения поезда машинистом и уменьшения чувствительности СИРДП к задержке поезда. Положительное значение времени нулевого рода опережения в появлении разрешающего показания путевого светофора свидетельствует, что указанное показание появляется до вступления поезда, на блок-участок перед этим светофором. Отрицательное значение означает, что это показание воз-

никает после вступления поезда, на указанный блок-участок. Значение времени первого (второго) рода опережения зеленого (желтого) огня путевого светофора равно максимальной задержке впереди идущего поезда еще не вызывающей торможения позади идущего поезда при проследовании первой (второй) точки критического сближения поездов перед этим светофором.

Для получения нижеуказанных результатов были разработаны:

1) методы и алгоритмы имитационного моделирования движения поездов, обеспечивающие возможность как оценки показателей эффективности, так и разбивки на блок-участки;

2) метод оценки оптимальности кривых движения поездов при произвольном времени движения по перегону;

3) автоматизированная система «Интервал» для решения задач анализа и синтеза технологического процесса ИРДП, включающая в себя алгоритмическое и программное обеспечение и позволяющая уменьшить трудоемкость решения указанных задач до приемлемого уровня.

В области технологии интервального регулирования движения поездов (ИРДП) получены следующие результаты:

1 Осуществлена постановка задач анализа и синтеза ТП ИРДП.

2 Определены показатели эффективности ИРДП, а также методы их расчета.

3 Выявлена зависимость показателей эффективности от интервала разбивки и скорости движения поезда.

4 Внесено предложение о корректировке нормативной базы, в части отказа от трехблочного разграничения поездов, как основы методик определения межпоездного интервала и разбивки перегонов на блок-участки.

5 Разработан метод определения межпоездного интервала из условия обеспечения требуемого значения заданного показателя эффективности ИРДП.

Получено 29.09.2010

W. I. Linkov. Interval regulation of train traffic and ways to increase its efficiency.

The work reflects the results obtained by the author in the field of the technology of interval regulation of train traffic, in which reliability, safety, etc. are considered as separate properties of a technical system. According to the author, the combination of these properties can be combined in the concept of "complex efficiency".

6 Предложены методы расстановки светофоров автоблокировки: а) квазинормативный; б) с оптимизацией; в) с обеспечением требуемого значения времени первого рода опережения в появлении зеленого огня на путевых светофорах.

7 Исследовано влияние защитных участков на эффективность ИРДП.

8 Определены методы сравнительного анализа эффективности различных способов и систем ИРДП.

9 Разработана концепция направлений развития, совершенствования и поэтапного внедрения прогрессивных способов ИРДП.

Основанием для предложения о переработке нормативной базы ИРДП является выявление феноменов увеличения количества подтормаживаний в результате расстановки светофоров на основе нормативного разграничения поездов в случаях как уменьшения интервала разбивки, так и повышения скорости движения.

Результаты выполненной работы позволяют:

1) на стадии разработки – оценить влияние отдельных эксплуатационных параметров на эффективность системы ИРДП в целом;

2) стадии проектирования – оптимально расставить светофоры, и как следствие, снизить межпоездной интервал и количество подтормаживаний поездов по сигналам системы ИРДП;

3) стадии эксплуатации – организовать непрерывный мониторинг эффективности ИРДП.

Список литературы

1 Надежность и эффективность в технике : справ. : в 10 т. / ред. совет: В. С. Авдеевский (пред.) [и др.]. – М. : Машиностроение, 1986. – Т. 1: Методология, Организация. Терминология / под ред. А. И. Рембезы. – 224 с.

2 Методические указания по проектированию устройств автоматики, телемеханики и связи на железнодорожном транспорте И-116-81. – Л. : ГТСС, 1981. – 32 с.

3 **Лисицин, А. Л.** Нестационарные режимы тяги / А. Л. Лисицин, Л. А. Мугинштейн. – М. : Интекст, 2003. – 343 с.