



Л. Н. Иванкова¹, А. В. Буракова²

¹ Российский университет транспорта, г. Москва, Российская Федерация

² Филиал Ростовского государственного университета путей сообщения в г. Воронеж, г. Воронеж, Российская Федерация

Дата поступления: 20 августа 2018

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ СТАНЦИЙ С УЧЕТОМ ЕМКОСТИ ПУТЕВОГО РАЗВИТИЯ

Аннотация. В статье выполнен анализ методов расчета станционных путей и пропускной способности станций. Выявлено, что действующие методики мало ориентированы на определение количества приемо-отправочных путей определенной длины. Вместе с тем наличие в структуре поездопотока поездов различной длины предъявляет специфические требования к путевому развитию станций. Чтобы успешно пропустить весь поток поездов с максимальным использованием всего имеющегося технического оснащения, нужно реально представлять себе наличную пропускную способность станции. Поэтому на узловых и технических станциях необходимо иметь приемо-отправочные пути различной длины. Применение имитационного моделирования позволяет учитывать многие факторы работы железнодорожного объекта, однако в силу большой трудоемкости этого метода для предварительной оценки пропускной способности желательно использовать аналитические зависимости.

Если поток поездов не регулировать, то степень использования станционных путей будет снижаться, так как не всегда пути необходимой полезной длины для приема поезда будут свободны. Регулируемый поток при диспетчерском руководстве движением поездов повышает степень использования емкости путевого развития. Предложено учесть дифференциацию длин путей на станции, а также долю поездов различной длины в общем поездопотоке станции.

Разработана методика расчета пропускной способности станций с учетом количества и вместимости путевого развития, что особенно актуально при обращении поездов повышенной длины на направлении. С помощью этой методики можно адекватно оценивать имеющиеся резервы и планировать оперативную работу станции, а также намечать дальнейшие меры по усилению емкости путевого развития станции.

Ключевые слова: пропускная способность станции, длиннооставные поезда, емкость путевого развития, диспетчерское руководство продвижением поездопотока.

L. N. Ivankova¹, A. V. Burakova²

¹ Russian Transport University, Moscow, the Russian Federation

² Branch of Rostov State Transport University in Voronezh, Voronezh, the Russian Federation

Received: August 20, 2018

DETERMINATION OF CARRYING CAPACITY OF STATIONS TAKING INTO ACCOUNT THE LENGTH OF THE RAILWAY TRACKS

Abstract. The article analyzes the methods of calculation of station tracks and carrying capacity of stations. It is revealed that the existing methods are not focused on determining the number of receiving and departure tracks of a certain length. At the same time, the presence of trains of different lengths in the structure of the train flow imposes specific requirements for the development of the stations. In order to successfully handle the entire flow of trains with the maximum use of all available technical equipment, it is necessary to have a real idea of the available capacity of the station. Therefore, at the junction and technical stations it is necessary to have the receiving and departure tracks of different lengths. The use of simulation allows taking into account many factors of the railway facility, but due to the high complexity of this method, it is desirable to use analytical dependencies for preliminary assessment of the capacity.

If the flow of trains is not regulated, the degree of use of station tracks will be reduced, since the tracks of the required useful length will not always be free to receive a train. Adjustable flow in the dispatching control of train traffic increases the degree of use of the capacity of track development. It is proposed to take into account the differentiation of track lengths at the station, as well as the share of trains of different lengths in the total train flow of the station.

The authors formulated a method of calculating the capacity of stations taking into account the number and capacity of track development, which is especially important when handling trains of increased length on the direction. With this technique, it is possible to adequately assess the existing reserves and plan the operational work of the station, as well as to plan further measures to strengthen the capacity of the track development of the station.

Keywords: carrying capacity of a station, long trains, track capacity development, dispatch control system of the traffic flow movement.

Введение

Проблема определения потребного путевого развития, а следовательно, и наличной пропускной способности станций является актуальной для всех этапов развития железнодорожного транс-

порта у нас в стране. Недостаток приемо-отправочных путей приводит к задержкам поездов на подходах к станции или к непроизводительному простоям на близлежащих отдельных пунктах, излишек – к необходимости содержать неисполь-



зуюмую инфраструктуру. При проектировании новых раздельных пунктов очень сложно учесть все нюансы их будущей работы. Значительная неравномерность продвижения поездопотоков на полигоне, сбои в технологии работы станции, «окна» в графике движения поездов и многие другие факторы накладывают свой отпечаток на ритмичность функционирования каждого железнодорожного объекта [1]. При планировании оперативной работы диспетчерскому аппарату очень важно правильно оценить, какой поездопоток сможет пропустить та или иная станция.

Действующие методики не учитывают емкость путевого развития станций в плане длины путей и их соответствия длине обращающихся поездов, в т. ч. графиковой нормы [2, 3]. Понятие емкости станционных путей можно определить как количество путей необходимой полезной длины, соответствующей структуре поездопотока.

Иногда получается, что при, казалось бы, избыточном путевом развитии станционных путей не хватает для освоения даже графиковых размеров движения.

Определение числа приемо-отправочных путей при проектировании новых станций

Наличной пропускной способностью станции по обслуживанию грузовых поездов является наиболее вероятное их число, которое может быть пропущено станцией за сутки со всех примыкающих направлений в зависимости от ее технического оснащения и принятой технологии работы. Пропускная способность станции определяется пропускной способностью станционных путей и пропускной способностью горловин.

Поскольку горловины станции при приеме и отправлении поездов заняты непродолжительное время, то в основном оценка пропускной способности станции сводится к определению рационального путевого развития станции. Вопросу расчета оптимального количества приемо-отправочных путей на станциях в научно-технической литературе всегда уделялось большое внимание.

Согласно [4], в настоящее время существует 4 основных метода определения потребного путевого развития:

- аналитический детерминированный;
- аналитический вероятностный;
- графоаналитический;
- имитационное моделирование.

Каждый из методов имеет свои недостатки.

Аналитический детерминированный метод обладает свойством универсальности проводимых вычислений для различных условий функциони-

рования системы. Однако большой объем вычислительных операций при изменении отдельных параметров является крупным недостатком данного метода.

Наиболее известный способ определения числа путей основан на расчете по интервалу поступления поездов в парк [5]:

$$m = \frac{t_{зан}}{I_p}, \quad (1)$$

где $t_{зан}$ – среднее время занятия пути поездом, мин;
 I_p – расчетный интервал прибытия поездов в данный парк, мин.

В некоторых случаях в расчет принимается коэффициент, учитывающий долю поездов, поступающих в парк с i -й линии, от общего числа поездов.

Так как потребность в путевом развитии зависит от большого числа факторов, причем некоторые из рассматриваемых величин имеют вероятностный характер, то довольно часто для решения рассматриваемой задачи применяют аналитический вероятностный расчет.

Данная методика часто применяется в исследованиях, посвященных оценке потребного путевого развития.

Для расчета по этой методике необходимо провести значительную подготовительную работу: установить закономерности поступления поездопотока на станцию, выявить характер изменения продолжительности обслуживания поездов в парке, установить ряд других параметров. Причем, если проектируется новый объект, то необходимую статистику, как правило, набирают по другим станциям, имеющим сходную технологию работы. На основании этого определяется необходимое число путей с учетом влияния неравномерности.

Построение суточного плана-графика работы станции (графоаналитический метод) позволяет наглядно оценить особенности схемы и технологии работы конкретной станции. Однако большая трудоемкость, зависимость от принятых нормативов, качества его построения являются основными недостатками рассматриваемого метода.

Графоаналитический метод и имитационное моделирование в силу их трудоемкости применяются в основном для проверки выполненных расчетов. Упомянутая выше Инструкция по расчету наличной пропускной способности железных дорог [3] основана на аналитическом детерминированном подходе.

Все существующие методики расчета предполагают, что пути будут иметь полезную длину, соответствующую длине обращающихся на



направлении поездов [5]. Некоторые работы посвящены определению потребной полезной длины [6]. Однако с введением в эксплуатацию новых более мощных локомотивов длина поездов будет расти. Не секрет, что своевременно удлинять приемо-отправочные пути достаточно сложно и в силу больших финансовых затрат, и в силу необходимости полностью или частично при реконструкции закрыть для движения поездов отдельные пути, парк или даже станцию в целом [7].

Почти все авторы сходятся во мнении, что наиболее приемлемым методом решения рассматриваемой проблемы является имитационное моделирование работы парка, станции в целом, железнодорожного узла и т. д. Естественно, с укрупнением объекта исследования степень детализации технологических операций несколько снижается [8, 9]. Довольно интересный метод «структурных технологий» приведен в [10]. В вышеупомянутых работах делается попытка учитывать вместимость путей (рассматривая их в качестве «бункеров»). По результатам имитационного моделирования и на основе анализа выполняется параметрическая, структурная, функциональная или системная оптимизация отдельных элементов или всей станции в целом [11, 12].

Немного более упрощенный подход (не влияющий на точность отображения значимых факторов) предложен в работах [13–20]. Следует отметить, что метод имитационного моделирования с успехом можно применять и при оценке эксплуатационной работы существующих станций при дифференцированных полезных длинах станционных путей и различных длинах обращающихся на направлении поездов. Ведь в парке (особенно при проектировании простых стрелочных улиц) конструктивно одни пути получаются длиннее других. Сколько нужно на станции длинных путей, какой длины они должны быть, какое количество поездов повышенной длины может принять станция за относительно короткий промежуток времени? Безусловно, эти и другие подобные задачи легко можно «проиграть» на модели.

Невзирая на ряд преимуществ имитационного моделирования, метод не лишен определенных недостатков. Каждый эксперимент производится для определенного набора данных, и необходимо многократное повторение имитационного эксперимента при различных исходных данных. Кроме того, как было указано выше, необходимо все-таки иметь аналитические зависимости для предварительного расчета, оценки эксплуатационной надежности работы станции и необходимости проведения реконструктивных мероприятий.

Оценка пропускной способности приемо-отправочных путей при эксплуатации существующих станций

Если не все пути позволяют вмещать поезда графической нормы и длинносоставные, то сколько их нужно принимать в расчет? Кроме собственно длинных путей составы могут размещаться на станционных путях с занятием горловин: либо «голова» висит, либо «хвост», в этом случае группа коротких путей, объединенных одной стрелочной улицей, выступит как один длинный путь. При согласованном подводе поездов – сначала короткие (полновесные), а затем полносоставные и длинносоставные, но легкие – емкость путевого развития можно использовать на 100%. Это достигается диспетчерским регулированием движения поездов.

При нерегулируемом подходе (т. е. когда не чередуются короткие и длинные поезда на предузловых станциях) коэффициент использования емкости путей будет снижаться до 70–75%. Для оценки использования емкости путевого развития предлагается ввести коэффициент согласованного подвода поездов к технической станции – γ .

С другой стороны, поток поездов нужно поделить пропорционально еще одному коэффициенту – ε , отражающему долю полновесных, но неполносоставных поездов. Оценивать пропускную способность нужно не одной цифрой, а некоторой кривой, варьируя эту самую долю. То же касается так называемых постоянных операций.

Классическая формула расчета пропускной способности станционных путей выглядит так [21]:

$$N = \frac{m \cdot (1440 - T_{\text{посм}}) \cdot \alpha_n}{t_{\text{зан}}}, \quad (2)$$

где m – число путей в парке или на станции при отсутствии их специализации;

$T_{\text{посм}}$ – длительность операций по содержанию постоянных устройств, в т. ч. очистка от снега во время снегоборьбы, ремонтные и регламентные работы, мин;

$t_{\text{зан}}$ – среднее время занятия пути поездом, мин;

α_n – коэффициент надежности.

Округление производится в меньшую сторону до целого.

Можно производить расчет с учетом коэффициента использования имеющейся мощности путевого развития парка [3]:

$$K = \frac{T}{\beta \cdot \alpha \cdot m \cdot 1440 - T_{\text{посм}}}, \quad (3)$$



где T – общее время занятия путей парка, мин;

β – коэффициент, зависящий от категории поездов (транзитный, транзитный с отцепкой групп вагонов, прибывающий в расформирование, поезд своего формирования);

α – коэффициент, учитывающий влияние на использование путей движения пассажирских, пригородных и сборных поездов на участке.

Несмотря на то, что в расчеты введены дополнительные коэффициенты, учет различной длины прибывающих поездов в предложенных методиках не производится.

Введем следующие обозначения:

m^* – количество длинных путей, включая пути с занятием горловин и стрелочных секций, способных принимать поезда графиковой нормы длины;

β_{dl} – доля таких поездов графиковой нормы длины в общем потоке;

Δt – дополнительное время занятия путей на протягивание «головы» поезда или осаживание «хвоста» при приеме и отправлении длиннооставных поездов в одной секции;

γ – коэффициент эффективности использования графика движения поездов по их организованному подводу к узловой или технической станции в зависимости от таких факторов, как ограничение межпоездного интервала по системам энергоснабжения, наличие путей достаточной емкости на предузловых промежуточных станциях для изменения порядка следования поездов и др.

С учетом этих факторов можно предложить такую формулу:

$$N = \left[\gamma \cdot (1 - \beta_{dl}) \cdot \frac{m \cdot (1440 - T_{nocm}) \cdot \alpha_n}{t_{зан}} + \beta_{dl} \cdot \frac{m^* \cdot (1440 - T_{nocm}) \cdot \alpha_n}{t_{зан} + \Delta t} \right] \quad (4)$$

Коэффициент эффективности использования графика движения поездов γ следует локализовать в интервале от 0,75 до 0,95. Это требует отдельного исследования, а вот варьируя β_{dl} , можно определить рациональное соотношение длинных и коротких поездов, при которых пропускная способность будет максимальной:

$$N_{кор} = N \cdot (1 - \beta_{dl})$$

или

$$N_{dl} = N \cdot \beta_{dl} \quad (5)$$

Можно произвести перерасчет по вагонопотоку.

$N_{кор}$ и N_{dl} являются в некотором роде управляемыми переменными, учитывающими диспетчерское руководство продвижением поездопотока и его трансформацию на технических станциях. В качестве «длинных» здесь учитываются не только длиннооставные поезда, но и поезда, длина кото-

рых не соответствует полезной длине станционных путей.

Если немного свернуть формулу, то получится

$$N = \gamma \cdot (1440 - T_{nocm}) \cdot \alpha_n \cdot \left[\frac{\beta_{dl} \cdot m^*}{t_{зан} + \Delta t} + \frac{(1 - \beta_{dl}) \cdot m}{t_{зан}} \right] \quad (6)$$

Можно также учесть и разное технологическое время обработки «длинных» и «коротких» поездов посредством введения $t_{зан}'$ и $t_{зан}''$.

Таким образом, предлагается производить оценку пропускной способности станций следующим образом.

Сначала выявляются доли «длинных» и «коротких» (полновесных) поездов в общем поездопотоке. Проводится анализ путевого развития станции с точки зрения вместимости путей. Определяется дополнительное время занятия путей на протягивание «головы» поезда или осаживание «хвоста» при приеме и отправлении длиннооставных поездов в одной секции Δt . Затем, варьируя коэффициент эффективности использования графика движения поездов γ в диапазоне от 0,75 до 0,95, получаем кривую зависимости пропускной способности от числа приемо-отправочных путей. Если изменять одновременно долю поездов графиковой нормы длины в общем потоке β_{dl} , то в итоге получаем семейство кривых. Данный подход позволяет учесть дифференциацию времени занятия путей технологическими операциями и дополнительное время занятия путей на протягивание «головы» поезда или осаживание «хвоста»; невозможность приема поездов на пути, которые объединены стрелочной секцией, где «висит» хвост; повысить роль диспетчерского руководства движением поездов для обеспечения согласованного подвода их к узловой или технической станции и наилучшего использования длины станционных путей.

Доработка методики в данном ключе позволит адекватно оценивать пропускную способность, вскрывать имеющиеся резервы и выявлять «узкие места» с дефицитом пропускной способности.

Выводы

1. Существующие методики определения наличной пропускной способности не позволяют учесть ряд факторов:

– различные длины поездов, поступающих на станции (часть из них формируются полнооставными, часть полновесными и, соответственно, могут иметь меньшую длину, чем предусмотрено графиком движения поездов);



– различную длину приемо-отправочных путей в силу конструктивных особенностей схем путевого развития станции;

– возможность приема поезда на путь недостаточной длины с занятием стрелочной секции или даже горловины в целом (в этом случае маршруты приема, включающие данную секцию, реализовать невозможно);

– дополнительное время на выполнение маневровых операций по подтягиванию или осаживанию состава, не устанавливающегося в границах полезной длины пути.

2. Применение имитационного моделирования при условии адекватного отражения всех вы-

шеречисленных факторов позволяет определить пропускную способность станции довольно точно. Однако для предварительной оценки необходимо иметь аналитические зависимости.

3. Предложения авторов, основанные на аналитическом детерминированном методе расчета, позволяют учесть все особенности путевого развития и технологии работы крупной технической или преузловой станции, а также выделить управляемые переменные, зависящие от степени и качества регулирования поездопотока на участке в плане пропуска полновесных, полносоставных, а также длинносоставных поездов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Иванкова Л.Н. Проблемы снижения неравномерности перевозочного процесса / Л.Н. Иванкова, Т.Г. Кузнецова, А.В. Буракова. – Депонированная рукопись, № 95-В2017 25.08.2017.
2. Правила и технические нормы проектирования станций и узлов на железных дорогах колеи 1520 мм. – М.: ТЕХИН-ФОРМ, 2001. – 255 с.
3. Инструкция по расчету наличной пропускной способности железных дорог. – М.: ОАО «РЖД», 2011. – С. 305.
4. Варжина К.М. Анализ методов оптимизации путевого развития станций / К.М. Варжина, С.Н. Корнилов. // SWorld, март 2014.
5. Архангельский Е.В. Определение мощности путевого развития и времени нахождения вагонов на станциях: учебное пособие / Е.В. Архангельский, М.М. Алаев, А.Н. Сухопяткин. – М.: РГОТУПС, 1999. – С. 68.
6. Дмитренко А.В. Выбор полезной длины станционных путей двухпутных железнодорожных линий: сб. тр. Вып. 192/5 / А.В. Дмитренко // Новосиб. ин-т инженеров тр-та. – Новосибирск, 1978. – С. 35–41.
7. Иванков А.Н. Организация работы решающих станций полигона в период реконструкции / А.Н. Иванков, Л.Н. Иванкова, Л.В. Куныгина // В сб. Современные методы, принципы и системы автоматизации управления на транспорте. Сборник материалов Международной научно-практической конференции. – Нижний Новгород, 2016. – С. 56–62.
8. Козлов П.А. Взаимодействие структуры с частично управляемым потоком / П.А. Козлов, Н.А. Тушин. – Наука и техника транспорта, 2016, № 4.
9. Козлов П.А. Определение параметров парков и горловин станции с учетом их взаимодействия / П.А. Козлов, В.С. Колокольников, Н.А. Тушин // Транспорт Урала. – Екатеринбург: Изд-во Уральск. гос. ун-та путей сообщения, 2017, № 1 (52), с. 3–17.
10. Варжина, К.М. Выбор направлений повышения пропускной способности железнодорожных станций в условиях усложнения структуры вагонопотоков / К.М. Варжина, С.Н. Корнилов. // Современные проблемы транспортного комплекса России: межвуз. сб. науч. тр. – Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2014, № 4. Т.1 – С. 12–16.
11. Трофимов С.В., Рахмангулов А.Н., Корнилов С.Н. Методы развития систем промышленного железнодорожного транспорта в изменяющихся условиях деятельности предприятий: монография. – Магнитогорск: МГТУ, 2004. – 235 с.
12. Осинцев Н.А., Рахмангулов А.Н. Управление вагонопотоками в промышленных транспортных системах // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. – 2013. – № 1. – С. 16–20.
13. Иванкова Л.Н. Планирование эксперимента при исследовании работы грузовых специализированных станций / Л.Н. Иванкова, С.И. Дарманский. – Наука и техника транспорта, 2012, № 1.
14. Бобровский В.И. Функциональное моделирование работы железнодорожных станций: монография / В.И. Бобровский, Д.Н. Козаченко, Р.В. Вернигора, В.В. Малашкин. – Днепрпетровск: Днепрпетровский национальный ун-т ж.д. транспорта, 2015. – 269 с.
15. Иванкова, Л.Н. Развитие методов оптимизации технических и технологических параметров железнодорожных станций: монография / Л.Н. Иванкова, А.Н. Иванков, С.С. Котельников. – Магнитогорск: Магнитогорский дом печати, 2018. – 124 с.
16. Котельников. С.С. Имитационное моделирование работы станций / С.С. Котельников, А.Н. Иванков // Современные проблемы транспортного комплекса России: межвуз. сб. науч. тр. – Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2011. – С. 82–86.
17. Гозбенко В.Е., Крипак М.Н., Иванков А.Н. Совершенствование транспортно-экспедиционного обслуживания грузовладельцев. Иркутск, 2011.
18. Гозбенко В.Е., Оленцевич В.А. Повышение безопасности работы железнодорожной транспортной системы на основе автоматизации технологии размещения и крепления груза в вагоне. Известия Транссиба. 2013. № 1 (13). С. 110–116.
19. Гозбенко В.Е., Иванков А.Н., Колесник М.Н., Пашкова А.С. Методы прогнозирования и оптимизации транспортной сети с учетом мощности пассажира и грузопотоков. депонированная рукопись № 330-В2008 17.04.2008.
20. Gozbenko V.E., Kargapoltsev S.K., Minaev N.V., Karlina A.I. Simulation of the vibration of the carriage asymmetric parameters in mathcad. International Journal of Applied Engineering Research. 2016. Т. 11. № 23. С. 11132–11136.
21. Железнодорожные станции и узлы: учебник для вузов ж.-д. транспорта / Под ред В.И. Апатцева, Ю.И. Ефименко. – М.: УМЦ ЖДТ, 2014. – 855 с.



REFERENCES

1. Ivankova L.N., Kuznetsova T.G., Burakova A.V. Problemy snizheniya neravnomernosti perevozhnogo protsessa [Problems of reducing the irregularity of the transportation process]. Deposited manuscript No. 95-V2017 25.08.2017.
2. Pravila i tekhnicheskie normy proektirovaniya stantsii i uzlov na zheleznykh dorogakh kolei 1520 mm. [Rules and technical standards for designing stations and nodes on 1520 mm gauge railways]. Moscow: TEKhINFORM Publ., 2001, 255 p.
3. Instruksiya po raschetu nalichnoi propusknoi sposobnosti zheleznykh dorog [Instructions for calculating the available throughput of railways]. Moscow: Russian Railways OAO Publ., 2011, pp. 305.
4. Varzhina K.M., Kornilov S.N. Analiz metodov optimizatsii putevogo razvitiya stantsii [Analysis of methods for optimizing the station track development]. *SWorld*, March 2014.
5. Arkhangel'skii E.V., Alaev M.M., Sukhopyatkin A.N. Opredelenie moshchnosti putevogo razvitiya i vremeni nakhozheniya vagonov na stantsiyakh: uchebnoe posobie [Determining the power of track development and the time spent by wagons at stations: study guide]. Moscow: RGOTUPS Publ., 1999, pp. 68.
6. Dmitrenko A.V. Vybór poleznoi dliny stantsionnykh putei dvukhputnykh zheleznodorozhnykh linii: sb. tr. [Selection of the useful length of station tracks of double-track railway lines: a collection of works]. Issue 192/5. *Novosibirsk Institute of Transportation Engineers*. Novosibirsk, 1978, pp. 35–41.
7. Ivankov A.N., Ivankova L.N., Kuniygina L.V. Organizatsiya raboty reshayushchikh stantsii poligona v period rekonstruktsii [Organization of work of the decisive stations of the polygon during the reconstruction period]. *V sb. Sovremennye metody, printsipy i sistemy avtomatizatsii upravleniya na transporte. Sbornik materialov Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii [In the collection: Modern methods, principles and systems of automation of transport control. Collection of materials of the International Scientific and Practical Conference]*. Nizhnii Novgorod, 2016, pp. 56–62.
8. Kozlov P.A., Tushin N.A. Vzaimodeistvie struktury s chastichno upravlyаемым potokom [Interaction of a structure with a partially controlled flow]. *Nauka i tekhnika transporta [Science and Technology in Transport]*, 2016, No. 4.
9. Kozlov P.A., Kolokol'nikov V.S., Tushin N.A. Opredelenie parametrov parkov i gorlovin stantsii s uchetom ikh vzaimodeistviya [Determining the parameters of the fleets and the bottlenecks of the station with regard to their interaction]. *Transport Urala [Transport of the Urals]*. Ekaterinburg: Uralsk. State Transport University Publ., 2017, No. 1 (52), pp. 3–17.
10. Varzhina K.M., Kornilov S.N. Vybór napravlenii povysheniya propusknoi sposobnosti zheleznodorozhnykh stantsii v usloviyakh uslozhneniya struktury vagonopotokov [The choice of ways to increase the capacity of railway stations in the context of the complexity of the structure of wagon flows]. *Sovremennye problemy transportnogo kompleksa Rossii: mezhvuz. sb. nauch. tr. [Modern problems of the transport complex of Russia: interuniversity collection of scientific papers]*. Magnitogorsk: Nosov Magnitogorsk state techn. un-ty Publ., 2014, No. 4, Vol. 1, pp. 12–16.
11. Trofimov S.V., Rakhmangulov A.N., Kornilov S.N. Metody razvitiya sistem promyshlennogo zheleznodorozhnogo transporta v izmenyayushchikhsya usloviyakh deyatelnosti predpriyatii: monografiya [Methods of development of industrial railway transport systems in the changing conditions of enterprises: a monograph]. Magnitogorsk: MSTU Publ., 2004, 235 p.
12. Osintsev N.A., Rakhmangulov A.N. Upravlenie vagonopotokami v promyshlennykh transportnykh sistemakh [Management of wagon traffic in industrial transport systems]. *Vestnik Mag-nitogorskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta im. G.I. Nosova [Vestnik of Nosov Magnitogorsk State Technical University]*, 2013, No. 1, pp. 16–20.
13. Ivankova L.N., Darmanskii S.I. Planirovanie eksperimenta pri issledovanii raboty gruzovykh spetsializirovannykh stantsii [Planning an experiment in the study of the work of cargo specialized stations]. *Nauka i tekhnika transporta [Science and Technology in Transport]*, 2012, No. 1.
14. Bobrovskii V.I., Kozachenko D.N., Vernigora R.V., Malashkin V.V. Funktsional'noe modelirovanie raboty zheleznodorozhnykh stantsii: monografiya [Functional modeling of railway stations: a monograph]. Dnepropetrovsk: Dnepropetrovsk National University of Railway Transport Publ., 2015, 269 p.
15. Ivankova L.N., Ivankov A.N., Kotel'nikov S.S. Razvitie metodov optimizatsii tekhnicheskikh i tekhnologicheskikh parametrov zheleznodorozhnykh stantsii: monografiya [Development of methods for optimizing technical and technological parameters of railway stations: a monograph]. Magnitogorsk: Magnitogorsk Printing House, 2018, 124 p.
16. Kotel'nikov S.S., Ivankov A.N. Imitatsionnoe modelirovanie raboty stantsii [Simulation modeling of stations]. *Sovremennye problemy transportnogo kompleksa Rossii: mezhvuz. sb. nauch. tr. [Modern Problems of the Transport Complex of Russia: Interuniversity Collection of Scientific Works]*. Magnitogorsk: Nosov Magnitogorsk state techn un-ty Publ., 2011, pp. 82–86.
17. Gozbenko V.E., Kripak M.N., Ivankov A.N. Sovershenstvovanie transportno-ekspeditsionnogo obsluzhivaniya gruzovladel'tsev [Improving freight forwarding services for cargo owners]. Irkutsk, 2011.
18. Gozbenko V.E., Olentsevich V.A. Povysenie bezopasnosti raboty zheleznodorozhnoi transportnoi sistemy na osnove avtomatizatsii tekhnologii razmeshcheniya i krepleniya gruzov v vagone [Improving the safety of the railway transport system based on the automation of the technology of placing and securing cargo in the wagon]. *Izvestiya Transsiba [Journal of Transsib Railway Studies]*, 2013, No. 1 (13), pp. 110–116.
19. Gozbenko V.E., Ivankov A.N., Kolesnik M.N., Pashkova A.S. Metody prognozirovaniya i optimizatsii transportnoi seti s uchetom moshchnosti passazhiro i gruzopotokov [Methods of forecasting and optimizing the transport network, taking into account the capacity of passenger and freight traffic]. Deposited manuscript No. 330-V2008 17.04.2008.
20. Gozbenko V.E., Kargapol'tsev S.K., Minaev N.V., Karlina A.I. Simulation of the vibration of the carriage asymmetric parameters in mathcad. *International Journal of Applied Engineering Research*, 2016. Vol. 11, No. 23, pp. 11132–11136.
21. Zheleznodorozhnye stantsii i uzly: uchebnik dlya vuzov zh.-d. transporta [Railway stations and junctions: a textbook for universities by railways]. In Apattsev V.I., Efimenko Yu.I. (eds.). Moscow: UMTs ZhDT Publ., 2014, 855 p.



Информация об авторах

Authors

Иванкова Людмила Николаевна – к. т. н., доцент кафедры «Управление транспортными процессами», Российский университет транспорта, г. Москва, e-mail: ivankovaln@yandex.ru

Буракова Анжелика Васильевна – старший преподаватель кафедры «Социально-гуманитарные, естественно-научные и общепрофессиональные дисциплины», филиал Ростовского государственного университета путей сообщения в г. Воронеж, г. Воронеж, e-mail: avburakova@mail.ru

Lyudmila Nikolaevna Ivankova – Ph.D. in Engineering Science, Assoc. Prof. at the Subdepartment of Transport Process Management, Russian Transport University, Moscow, e-mail: ivankovaln@yandex.ru

Anzhelika Vasil'evna Burakova – Asst. Prof. at the Subdepartment of Social Humanitarian, Natural Sciences and General Professional Disciplines, Branch of Rostov State Transport University in Voronezh, Voronezh, e-mail: avburakova@mail.ru

Для цитирования

For citation

Иванкова Л. Н. Определение пропускной способности станций с учетом емкости путевого развития / Л. Н. Иванкова, А. В. Буракова // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. - 2018. - Т. 59, № 3. - С. 92–98. - DOI: 10.26731/1813-9108.2018.3(59).92-98.

Ivankova L. N., Burakova A. V. Determination of carrying capacity of stations taking into account the length of the railway tracks. *Modern technologies. System analysis. Modeling*, 2018, Vol. 59, No. 3, pp. 92–98. DOI: 10.26731/1813-9108.2018.3(59).92-98.

УДК 621.311

DOI: 10.26731/1813-9108.2018.3(59).98-107

В. П. Закарюкин¹, А. В. Крюков^{1,2}

¹ Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск, Российская Федерация

² Иркутский национальный исследовательский технический университет, г. Иркутск, Российская Федерация

Дата поступления: 10 октября 2018

ТРЕХФАЗНО-ОДНОФАЗНЫЕ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ С ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯМИ ШТЕЙНМЕЦА

Аннотация. В сельских электрических сетях иногда применяются трехфазно-однофазные линии электропередачи (ЛЭП), а для электроснабжения удаленных потребителей используются ЛЭП «провод – земля». Эффективность систем, построенных с использованием однофазных электропередач, может быть повышена с помощью трехфазно-однофазных преобразователей по прямой и обратной схеме Штейнмеца.

Схема Штейнмеца позволяет симметризовать однофазную, а также двухфазную нагрузки и осуществлять компенсацию реактивной мощности. С ее помощью можно обеспечить полное использование мощности трехфазного трансформатора. Проведенные расчеты показали невысокую чувствительность этой схемы к погрешностям регулирования параметров. Схема Штейнмеца может быть применена для получения симметричной трехфазной системы напряжений от однофазного источника.

Для внедрения ЛЭП с преобразователями Штейнмеца необходимо создание технологий компьютерного моделирования их режимов. Такие технологии созданы на основе методов и средств моделирования режимов электрических систем в фазных координатах, разработанных в ИРГУПС.

Результаты моделирования режимов систем электроснабжения с однофазными ЛЭП показывают, что при протяженности ЛЭП, превышающей 25 км, потери мощности в линии «провод – земля» становятся меньше, чем в двухпроводной линии. Если длина линии превышает 30 км, то система электроснабжения с ЛЭП «провод – земля» становится более эффективной по критерию отклонений напряжения. Коэффициент несимметрии по обратной последовательности на шинах 0,4 кВ приемной подстанции в обоих вариантах равен 0,2 %, а по нулевой последовательности близок к нулю.

Ключевые слова: однофазная линия электропередачи, однопроводная ЛЭП, схема Штейнмеца, моделирование.

V. P. Zakaryukin¹, A. V. Kryukov^{1,2}

¹ Irkutsk State Transport University, Irkutsk, the Russian Federation

² Irkutsk National Research Technical University, Irkutsk, the Russian Federation

Received: October 10, 2018

THREE-PHASE AND SINGLE-PHASE POWER SUPPLY SYSTEMS WITH STEINMETZ CONVERTERS

Abstract. In rural electrical networks three-phase and single-phase electrical power transmission lines are applied, and for electrical power supply of remote customers power lines (PL) "wire – earth" are used. The efficiency of systems constructed with use of single-phase transmissions can be increased by three-phase – single-phase Steinmetz circuit.