

3 Скубневский, В. А. Польша в системе общероссийского рынка во второй половине XIX – начале XX века / В. А. Скубневский // Сборник трудов конференции, Омск. – 2015. – С. 104–110.

4 Шашкова, Н. О. Управленческий и экономический аспекты формирования железнодорожной политики России в 1820–1850-е годы / Н. О. Шашкова // ЭТАП. – 2016. – № 2. – С. 74–98.

5 В историю – по рельсам. Варшавский железнодорожный музей [Электронный ресурс]. – Режим доступа : [https://www.liveinternet.ru/community/moja\\_polska/post351872481](https://www.liveinternet.ru/community/moja_polska/post351872481). – Дата доступа : 29.11.2023.

6 Одна из первых железных дорог России, забытых историей транспорта [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://korenev.org/index.php/ru/2011-04-07-13-55-37/2011-04-07-14-09-17/170-odna-iz-pervykh-zheleznikh-dorog-rossii-zabytykh-istoriej-zh-d-transporta>. – Дата доступа : 29.11.2023.

7 Варшаво-Венская железная дорога [Электронный ресурс]. – Режим доступа : [ru.wikipedia.org/wiki/Варшаво-Венская\\_железная\\_дорога](ru.wikipedia.org/wiki/Варшаво-Венская_железная_дорога). – Дата доступа : 29.11.2023.

8 Kolej Warszawsko-Wiedeńska [Электронный ресурс]. – Режим доступа : [pl.wikipedia.org/wiki/Kolej\\_Warszawsko-Wiedeńska](pl.wikipedia.org/wiki/Kolej_Warszawsko-Wiedeńska). – Дата доступа : 29.11.2023.

9 Warsaw–Vienna railway // Wikipedia [Электронный ресурс]. – Режим доступа : [en.wikipedia.org/wiki/Warsaw%E2%80%93Vienna\\_railway](en.wikipedia.org/wiki/Warsaw%E2%80%93Vienna_railway). – Дата доступа : 29.11.2023.

10 Kolej średnicowa w Warszawie [Электронный ресурс]. – Режим доступа : [pl.wikipedia.org/wiki/Kolej\\_%C5%9Brednicowa\\_w\\_Warszawie](pl.wikipedia.org/wiki/Kolej_%C5%9Brednicowa_w_Warszawie). – Дата доступа : 29.11.2023.

*P. V. KURENKOV, A. V. ASTAFIEV, V. V. PROZOROV*

## **HISTORY OF THE WARSHAVA-VIENNESE RAILWAY AND WARSAW RAILWAY JUNCTION**

The historical analysis on development of iron roads of western areas in the Russian empire after opening the road Carskoe Selo which has opened wide prospects of effective application iron roads, railway stations and units for transportation of cargoes and passengers is submitted.

Получено: 30.11.2023

---

**ISSN 2664-5025. Проблемы перспективного развития  
железнодорожных станций и узлов. Вып. 5. Гомель, 2023**

---

УДК 654.6.4

*Ю. О. ПАЗОЙСКИЙ, М. А. АХЛАМОВ, М. Ю. САВЕЛЬЕВ, О. Н. ПАНОВА*  
*Российский университет транспорта (МИИТ), г. Москва*

## **ПРЕДПОСЫЛКИ ВНЕДРЕНИЯ МАЯТНИКОВОГО ДВИЖЕНИЯ ПРИГОРОДНЫХ ПОЕЗДОВ**

Рассматриваются отличительные характеристики, которые должна иметь железнодорожная станция, чтобы проводить на ее базе организацию маятникового движения пригородных поездов на участке. Указываются достоинства и недостатки маятникового движения, приводятся соответствующие примеры.

Пригородные поезда выполняют немаловажную транспортную функцию, соединяя мегаполисы и города-спутники, областные центры с периферийными районами, тем самым помогая образовывать транспортные сети и агломерации. Пригородное сообщение за последнее 10 лет претерпело ряд изменений. За эти годы обновился моторвагонный подвижной состав, ужесточился контроль за безбилетными пассажирами, построены новые пассажирские платформы, произошло изменение тарифных зон, в связи с изменением и перераспределением пассажиропотока разработаны новые технологии организации движения поездов.

Основателем идеи пригородного движения поездов можно считать академика В. Н. Образцова. Именно он в 1930 году представил научные взгляды на формирование единой рельсовой сети СССР и переустройство трамвайных, внутризаводских путей с перспективами развития метрополитена. Вопросами пригородных перевозок занимался профессор Шубко В. Г., в трудах которого исследовались методические основы формирования тарифов на пригородные пассажирские перевозки. Проблемы организации движения пригородных поездов и ценообразования в своих работах освещали сотрудники кафедры «Железнодорожные станции и транспортные узлы» РУТ Ю. О. Пазойский, М. Ю. Савельев, А. А. Сидраков. Анализом отечественных подходов к классификации пассажирских поездов в пригородном и региональном сообщении занимались С. П. Вакуленко, А. В. Колин. Моделирование пассажиропотоков на пригородных поездах проводилось В. Г. Санковым и С. А. Морозовым.

В зависимости от характера и направления пассажиропотоков в рабочие и выходные дни определяются различные варианты графика движения поездов: параллельный, зонный параллельный, зонный параллельный график с чередованием остановок, зонный непараллельный график, маятниковый и др. В силу изменений, которые произошли на последние десятилетия в сфере пригородного движения и повышения эффективности использования моторвагонного подвижного состава, идея внедрения маятникового графика движения пригородных становится актуальной. Во многих работах освещены достоинства и недостатки данной технологии; описаны предпосылки для ее применения, приведены удачные примеры внедрения.

Маятниковое движение пригородных поездов подразумевает под собой ритмичное движение составов с сокращением плеча оборота поезда до головной станции с учетом одновременного прибытия поездов с нескольких направлений и пересадкой пассажиров. Маятниковое движение может быть организовано на железнодорожных линиях, проходящих через густонаселенные районы с характерным изменением пассажиропотока. При этом головная станция М сквозного типа (рисунок 1) обслуживает два и более участка пригородных поездов.

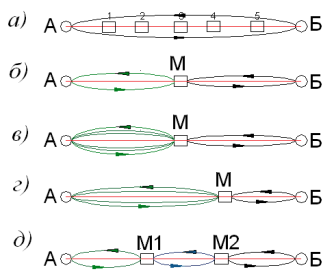


Рисунок 1 – Схемы расположения головных станций при маятниковом движении: *а* – участок без маятникового движения; *б* – головная станция равноудалена и движение поездов имеет одинаковую интенсивность; *в* – головная станция равноудалена и на участках разная интенсивность движения поездов; *г* – головная станция находится асимметрично, на участке разная интенсивность движения поездов; *д* – на участке имеется несколько головных станций

- увеличить заполняемость состава на малонаселенных участках;
- сократить эксплуатационные расходы на участках с низким пассажиропотоком.

К недостаткам такой организации движения можно отнести:

- неудобство для пассажиров. Пассажиры, следующие до конечной станции участка, постоянно пересаживаются на головной станции в другой поезд, также в некоторых случаях ожидают поезд с другого участка в зависимости от интенсивности движения;
- проектирование дополнительного путевого развития головной станции для ритмичного приема и отправления поездов с обоих участков;
- наличие заторов и плотного пассажиропотока на платформах головной станции. Из-за одновременной пересадки встречных пассажиропотоков возможно затруднение движения пассажиров к поездам;
- создание на головной станции зала ожидания для пассажиров.

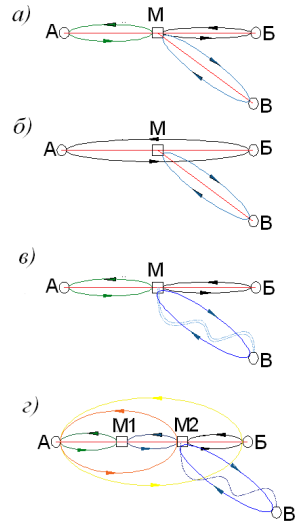
В результате исследования различных вариантов взаимодействия маятникового пригородного сообщения с другими видами транспорта и комбинаторикой с прямым сообщением, выделены типичные схемы организации движения (рисунок 2).

Пригородные поезда, прибывающие на головную станцию, оборачиваются, при этом пассажиры, следующие дальше, делают пересадку, что является недостатком данного вида движения. По сравнению с обычным движением поездов (рисунок 1, *а*) маятниковое движение имеет существенные преимущества:

- позволяет варировать составность поездов на участках. В результате того, что пригородные поезда не выходят из своей зоны (А – М, М – Б), количество вагонов в составе на этих участках может отличаться;
- позволяет менять интенсивность движения поездов на одном из участков без дополнительных путей для отстоя поездов;
- позволяет рассредоточить пассажиров по районам города и за счет возможности расположения большого количества остановок в черте города выполнять функции городского транспорта, тем самым сократить загрузку центральной части города;

Рисунок 2 – Схемы взаимодействия с другими видами транспорта при организации маятниковго движения и комбинирования с прямым сообщением:

*a* – привязание нескольких направлений с маятниковго движением; *б* – ответвление на участке с прямым сообщением, где организовано маятниковго движение; *в* – взаимодействие головной станции с автомобильным транспортом; *г* – комбинирование на участке прямого и маятниковго сообщения и взаимодействие с автомобильным транспортом



В зависимости от роста или падения пассажиропотока на участке движения поездов и перераспределения пассажиров между видами транспорта, организация маятниковго движения может быть представлена одной из схем, изображенных на рисунках 1 и 2. Для определения потенциально пригодной головной станции на участке для организации маятниковго движения должны соблюдаться следующие требования.

1 Раздельный пункт должен являться транспортным узлом (районным центром с развитым автомобильным транспортом и отправной точкой в другие города района, области, региона, желательно равноудаленным от станций А и Б. Например, Крюково, Подольск, Одинцово, Балашиха, Пушкино).

2 На станции должен наблюдаться существенный перелом пассажиропотока, например, по участку М – ТВ станция перелома КРК (рисунок 3).



Рисунок 3 – Диаграмма пассажиропотока на участке М – ТВ

3 Обеспеченность достаточным количеством путей и платформ для приема / отправления поездов с прилегающих направлений, а также путей отстоя электропоездов (рисунок 4).

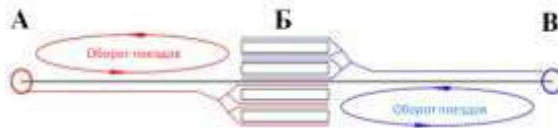


Рисунок 4 – Схема обработки поездов на головной станции

Для выбора головной станции для реализации маятникового движения на участке используем изложенные выше критерии. Проанализируем участок М – ТВ. Исходя из предпосылок, станция КРК является подходящей головной станцией для осуществления маятникового движения. Интенсивность движения пригородных поездов на участке М – КРК выше, чем на КРК – ТВ.

В ходе подробного анализа было выявлено, что на техническом оснащении станции возможно реализовать данную технологию при оценке достаточности путей приема и пассажирских платформ. Для этого представим схему поездопотоков, из которой видно, что прием-отправление поездов с заходом их в депо при маятниковом движении обеспечивается (рисунок 5).

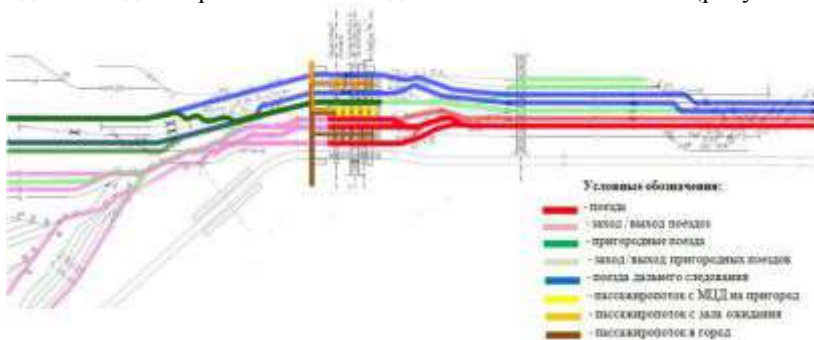


Рисунок 5 – Схема поездопотоков станции КР

По проведенному анализу пассажиропотоков и составленной эпюре (см. рисунок 3) были обработаны данные по отправлению и прибытии пассажиров по каждому остановочному пункту. Найдем долю пассажиров для станции КР, следующую дальше в сторону станции ТВ, по формуле

$$\alpha = \frac{A_i - A_{i+1}}{A_i} \cdot 100.$$

$$\alpha = \frac{43308 - 25493}{43308} \cdot 100 = 41,1 \, \%$$

Значит, 41,1 % пассажиропотока выходит на станции КР.

Доля прямого пассажиропотока в сторону станции ТВ составит 58,9 % (25000 чел.), что является существенным показателем, который может повлиять на загрузку ТПУ. В последующем анализе исследуем зависимость

доли пассажиров, следующих в прямом направлении на загрузку ТПУ при маятниковом движении поездов.

Для решения данной задачи составим график движения поездов на участке М – ТВ с учетом интервалов движения на участках и подвязки поездов для удобной пересадки пассажиров (рисунок 6).

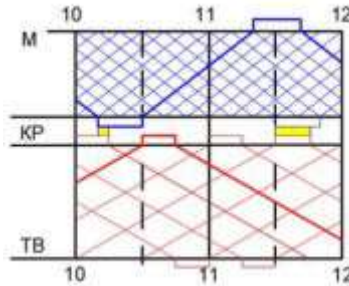


Рисунок 6 – Фрагмент ГДП на участке М – ТВ

Примем следующую интенсивность поездов по участкам: М – КР – 10 мин в час пик и 20 мин в непиковое время; КР – ТВ – 30 и 60 мин соответственно. При этом составность поездов на участках: М – КР – 10 вагонов ЭС2Г «Ласточка» (940 мест); КР – ТВ – пятивагонная «Ласточка» (470 мест). Время ожидания пассажиров в ожидании пересадки составит от 5 до 25 минут (см. рисунок 6). Накопление пассажиров на станции потребует сооружения расчётного зала ожидания на 1320 человек (рисунок 7).

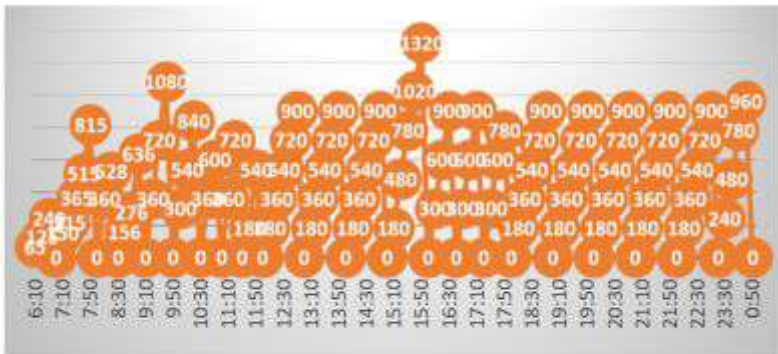


Рисунок 7 – График накопления пассажиров на станции КР при заданном ГДП

Исходя из разработанного графика движения поездов, интервалов движения, составности поездов, а также часовой временной загруженности направления, максимальная загрузка поездов пассажирами составит:

- на участке М – КР в час пик – 76,7 %, в не пиковое время – 56,8 %;
- на участке КР – ТВ в час пик – 193,7 %, в не пиковое время – 136,7 %.

Комфортной для пассажиров загрузкой подвижного состава является 80-90 %. При этом все пассажиры могут сидеть, при 100–130 % все сидячие места будут заняты, люди будут стоять в проходе и тамбурах, при 131 % и более возникают проблемы с посадкой и высадкой пассажиров на остановках. Следовательно, поезда на участке КР – ТВ будут перегружены при заданных параметрах. Чтобы обеспечить комфортный проезд пассажиров на участке КР – ТВ следует:

– снизить пассажиропоток по прямому направлению до 20 %, так как 80 % пассажиров выходят на станции КР, и только 20 % пассажиропотока направляется в сторону станции ТВ:

$$\alpha = \frac{57000 - 11000}{57000} \cdot 100 = 80 \%;$$

– увеличить интенсивность поездов на участке или количество вагонов.

При организации маятникового движения поездов следует учитывать, что сумма капитальных затрат на реализацию данной технологии не должна превышать произведения экономической эффективности на срок окупаемости проекта:

$$\sum K < \Delta \mathcal{E}_r T_{ок}$$

Срок окупаемости  $T_{ок}$  рентабельных проектов составляет 5–7 лет. Однако следует отметить, что транспортные проекты могут иметь и больший срок окупаемости.

Экономическая эффективность от применения маятникового движения должна быть положительной по сравнению с существующей технологией и иметь наибольшую разницу в значениях эксплуатационных затрат:

$$\begin{aligned} \mathcal{E}_{маят} < \mathcal{E}_{сущ}; \\ \Delta \mathcal{E}_r = \mathcal{E}_{сущ} - \mathcal{E}_{маят} \rightarrow \max. \end{aligned}$$

Для рентабельной реализации проекта маятникового движения капитальные затраты должны стремиться к минимуму:

$$\sum K = K_{рек.ст} + K_{линии} + K_{пс} + K_{технол} \rightarrow \min.$$

Для минимизации капитальных вложений на выбранном участке определены параметры интенсивности движения поездов ( $I_1 = 10$  мин,  $I_2 = 30$  мин) и составности вагонов ( $n_1 = 940$  чел.,  $n_2 = 470$  чел.). При увеличении интенсивности движения поездов не потребуются вложения на увеличение пропускной способности участков. При увеличении количества вагонов в поезде может потребоваться новый подвижной состав. В рассматриваемом примере принят существующий 5-вагонный подвижной состав, следовательно,  $K_{пс} = 0$  руб. На станции уже идет реконструкция, следовательно,  $K_{рек.ст} = 0$  руб. Таким образом, затраты на разработку технологии принимаем  $K_{технол} = 0$  руб.

При реализации маятникового движения на заданном участке по исходным параметрам составность поездов сокращается в 2 раза, что приводит к экономии 739,7 млн руб. в год. Следовательно, капитальные затраты не превышают эксплуатационных расходов за период окупаемости проекта.

Но определяющим показателем при проектировании транспортного узла и линии является освоение пассажиропотока и комфорт пассажиров. Одним из существенных недостатков маятникового движения является пересадка пассажиров и связанные с ней заторы. Для определения загруженности ТПУ пассажирами в час пик их перемещения по платформам и возможных «узких» мест с помощью программы AnyLogic была разработана имитационная модель.

В ходе работы модели были получены следующие результаты.

При пересадке 58,9 % пассажиропотока в сторону станции ТВ плотность пассажиров на платформе составит 0,33 м<sup>2</sup> на человека, что приведет затору на платформе (рисунок 8).

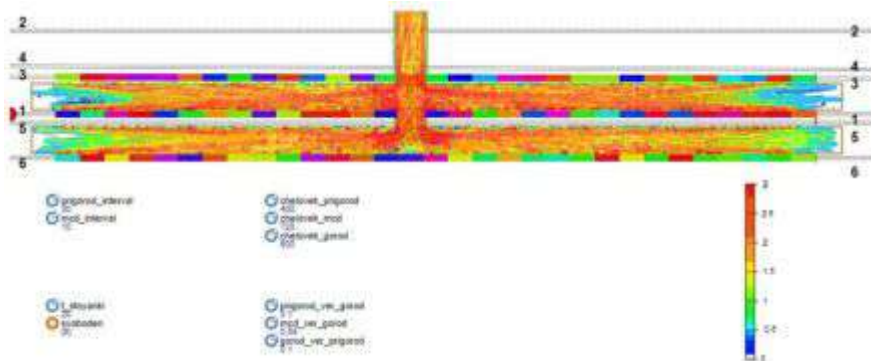


Рисунок 8 – Моделирование загрузки платформы станции КР при 58,9 % на ТВ

При снижении доли пассажиров, следующих до станции ТВ, с 58,9 % до 20 % загрузка платформы снижается до 1–1,5 человека на квадратный метр, что обеспечивает комфортную скорость пассажиропотока при движении по платформе и через турникеты (рисунок 9).

При такой доле пересадки загрузка на 5-вагонных «Ласточек», следующих на станцию ТВ, не превысит 80 %, что будет обеспечивать комфортное следование пассажиров в поезде.

Как показывает опыт, технология маятникового движения поездов эффективна и на других участках железнодорожной сети. Например, участок Брянск – Новозыбков (с головной станцией Унеча) уже более 5 лет успешно использует маятниковое движение. По представленным критериям выбора головной станции Унеча является транспортным узлом, имеет существенный перелом пассажиропотока и обладает достаточным путевым развитием.

Маятниковое движение на участке реализовано по схеме, представленной на рисунке 1, б с изменением составности пригородных поездов:

- Брянск – Унеча – 5-вагонный мотор-подвижной состав;
- Унеча – Новозыбков – 2-вагонный подвижной состав.



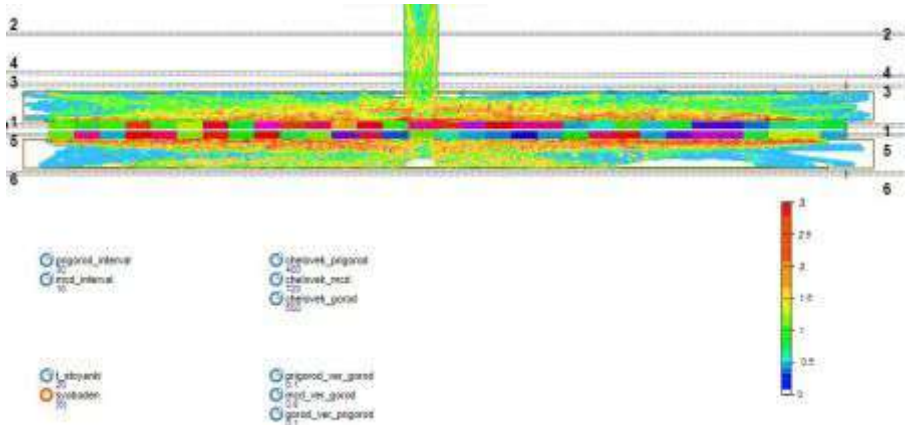


Рисунок 9 – Моделирование загрузки платформы станции КР при 20 % на ТВ

Данное решение позволяет сэкономить на эксплуатации подвижного состава, увеличить его эффективность и обеспечить освоение пассажиропотока.

Таким образом, маятниковое движение пригородных поездов применяется с целью увеличения эффективности использования подвижного состава и уменьшения эксплуатационных затрат. Для определения головной железнодорожной станции при организации данной технологии необходимо соблюдение следующих условий: станция должна являться транспортным узлом, иметь перелом пассажиропотока и достаточное путевое развитие.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Пазойский, Ю. О. Пассажирыские перевозки на железнодорожном транспорте (Примеры, задачи, модели, методы и решения) / Ю. О. Пазойский, В. Г. Шубко, С. П. Вакуленко. – М. : ГОУ УМЦ, 2009. – 342 с.

2 Пазойский, Ю. О. Специфика применения зонного параллельного графика движения пригородных поездов / Ю. О. Пазойский, М. Ю. Савельев, А. А. Сидраков // Вестник БелГУТа: Наука и транспорт. – 2018. – № 2 (37). – С. 71–72.

3 Вакуленко, С. П. О критериях определения категорий пригородных поездов / С. П. Вакуленко, А. В. Колин // Мир транспорта. – 2012. – Т. 10, № 6 (44). – С. 16–21.

*JU. O. PAZOJSKI, M. A. ACHLAMOV, M. JU. SAVELIEV, O. N. PANOVA*

#### THE PRECONDITIONS INTRODUCTION PENDULUM MOVEMENT OF SUBURBAN TRAINS

The article tells about the distinctive characteristics that a railway station should have in order to consider on its basis the organization of the pendulum movement suburban trains on the site. The advantages and disadvantages of the pendulum movement are highlighted, examples are given.

Получено 29.11.2023