

## Рубрика 2. НАУЧНЫЕ И ПРАКТИЧЕСКИЕ РАЗРАБОТКИ Направление «Электротехника»

УДК [UDC] 621.313.6

DOI 10.17816/transsyst20195260-69

© В. А. Соломин, А. В. Соломин, А. А. Чехова, Л. Л. Замшина,  
Н. А. Трубицина

Ростовский государственный университет путей сообщения  
(Ростов-на-Дону, Россия)

### ЛИНЕЙНЫЕ АСИНХРОННЫЕ ДВИГАТЕЛИ БЕЗ ПРОДОЛЬНОГО КРАЕВОГО ЭФФЕКТА

**Обоснование:** При высоких скоростях движения магнитнолевитационного транспорта (МЛТ) у линейных асинхронных двигателей (ЛАД) возникает вторичный продольный краевой эффект (ВПКЭ). ВПКЭ возникает при взаимодействии магнитного поля индуктора с токами вторичного элемента (ВЭ) за пределами экипажа МЛТ. ВПКЭ снижает коэффициент полезного действия тяговых ЛАД. Поэтому актуальна задача снижения влияния ВПКЭ.

**Цель:** Разработка и исследование линейного асинхронного двигателя без вторичного продольного краевого эффекта.

**Методы:** Для реализации поставленной цели предложены новые конструкции линейных асинхронных двигателей, у которых отсутствует ВПКЭ. Вторичный элемент ЛАД (путевая структура МЛТ) изготовлен из проводящих цилиндрических стержней, установленных с возможностью вращения. Тяговый ЛАД МЛТ снабжен двумя щетками, которые замыкают стержни ВЭ в пределах длины индуктора. При движении экипажа МЛТ стержни за пределами индуктора щетками не замкнуты, и тока в них нет. Не будет и ВПКЭ. Еще один метод решения данной задачи – использование герконов для замыкания и размыкания стержней вторичного элемента.

**Результаты:** Достигнута возможность увеличения коэффициента полезного действия ЛАД.

**Ключевые слова:** линейный асинхронный двигатель, вторичный продольный краевой эффект, магнитнолевитационный транспорт, стержни обмотки вторичного элемента, угольные щетки, герконы.

---

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований в рамках гранта офи\_м\_РЖД, проект № 17-20-04236

## Rubric 2: SCIENTIFIC AND PRACTICAL DEVELOPMENTS Field “Electrical Engineering”

© Vladimir A. Solomin, Andrey V. Solomin, Anastasiya A. Chekhov,  
Larisa L. Zamchin, Nadezda A. Trubitsin

Rostov State Transport University  
(Rostov-on-Don, Russia)

### LINEAR INDUCTION MOTORS WITHOUT LONGITUDINAL EDGE EFFECT

**Background:** At high speeds of motion of the magnetic-levitation transport (MLT), linear induction motors (LIM) have a secondary longitudinal edge effect (SLEE). SLEE occurs when magnetic field of inductor interacts with the currents of the secondary element (SE) outside the MLT crew. SLEE reduces the efficiency of traction LIM. Therefore, the task of reducing the influence of SLEE is relevant.

**Aim:** Development and research of a linear induction motor without a secondary longitudinal edge effect.

**Methods:** To achieve this aim, new designs of linear induction motors have been proposed, which do not have a SLEE. The secondary element of the LIM (track structure of the MLT) is made of cylindrical conductive rods installed with the possibility of rotation. Traction LIM of the MLT equipped with two brushes that close the rods of the SE within the length of the inductor. When the MLT crew moves, the rods outside the inductor are not closed by brushes and there is no current in them. There will be no SLEE. Another method to solve this problem is using reed switches to close and open the rods of the secondary element.

**Results:** The possibility of increasing the efficiency of the LIM has been achieved.

**Keywords:** linear induction motor, secondary longitudinal edge effect, magnetic-levitation transport, rods of the secondary element winding, carbon brushes, reed switches.

### Введение

Магнитнолевитационный транспорт (МЛТ) позволит создать новые транспортные коридоры между восточными и западными частями России, снизить время нахождения в пути при пассажирских и грузовых перевозках за счет высоких скоростей движения. Магнитнолевитационный и вакуумный МЛТ (ВМЛТ) могут значительно изменить направления и интенсивность товарного грузооборота во всем мире, что будет способствовать техническому прогрессу и экономическому росту многих стран. Вопросам разработки и развития магнитнолевитационного транспорта придается большое внимание в промышленно развитых и даже развивающихся странах. В России над проблемами и задачами создания, исследования и применения МЛТ работают инженеры и ученые многих организаций, в числе которых Петербургский государственный университет путей сообщения (ПГУПС), на базе которого создан кластер «Российский Маглев», Российский университет транспорта (РУТ-МИИТ), Ростовский государственный университет путей сообщения (РГУПС),

научно-исследовательские институты и промышленные предприятия [1-7, 15]. Для тягового привода МЛТ и ВМЛТ предназначены линейные электрические двигатели. В статье рассматриваются линейные асинхронные двигатели (ЛАД), которые могут иметь пути для замыкания основного бегущего магнитного потока как в продольном, в поперечном, так и в продольно-поперечном направлениях. Эксплуатация высокоскоростного МЛТ потребует значительных материальных ресурсов и задачи их уменьшения являются актуальными. При использовании линейных асинхронных двигателей в качестве тяговых машин высокоскоростного магнитнолевитационного транспорта возникает вторичный продольный краевой эффект (ВПКЭ), снижающий коэффициент полезного действия системы МЛТ.

### Цель

Создание новых конструкций линейных асинхронных двигателей, способных работать без вторичного продольного краевого эффекта и имеющих увеличенный коэффициент полезного действия – цель представленной разработки. Особенно резко проявляется ВПКЭ при высоких скоростях движения, поэтому необходимо совершенствовать конструкции тяговых ЛАД для магнитнолевитационного транспорта и вакуумного МЛТ.

### Конструкция линейного асинхронного двигателя

Вопросы исследования процессов, обусловленных конечными размерами линейных асинхронных двигателей в той или иной степени освещены в работах [8-19]. Публикаций, посвященных ЛАД без вторичного продольного краевого эффекта до сих пор не имеется. В основу разработки линейных асинхронных двигателей без ВПКЭ положена идея о полном отсутствии тока в электропроводящей части вторичного элемента (ВЭ) машины, расположенной вне пределов расположения индуктора. Рассмотрим первый вариант конструкции линейного асинхронного двигателя. Вторичный элемент (якорь) ЛАД. Встроенный в путевую структуру МЛТ, содержит короткозамкнутую обмотку, состоящую из круглых электропроводящих стержней, ориентированных перпендикулярно направлению движения транспортного экипажа МЛТ и установленных с возможностью вращения. Главная особенность данного линейного асинхронного двигателя в том, что короткозамкнутой обмотка становится только под индуктором ЛАД, который размещен на транспортном экипаже. Электропроводящие стержни под ЛАД замыкаются накоротко посредством двух угольных щеток, расположенных по обе стороны от сердечника индуктора и равных ему по длине.

Конструктивная схема такого тягового линейного асинхронного двигателя представлена на Рис. 1.

Линейный асинхронный двигатель содержит индуктор 1, состоящий из сердечника и трехфазной обмотки. Индуктор закреплен на планке 2 из неэлектропроводящего материала (Рис. 1, а). Вторичный элемент (путевая структура МЛТ) состоит из сердечника 3 цилиндрических электропроводящих стержней 4, размещенных в пазах сердечника с возможностью вращения вокруг своей оси (рис. 1, б). В пределах длины индуктора ЛАД стержни 4 замкнуты щетками 5 из электропроводящего материала. Щетки 5 установлены по обе стороны индуктора и жестко связаны с планкой 2. Концы электропроводящих стержней 4 расположены в подшипниках 6 (Рис. 1 б).

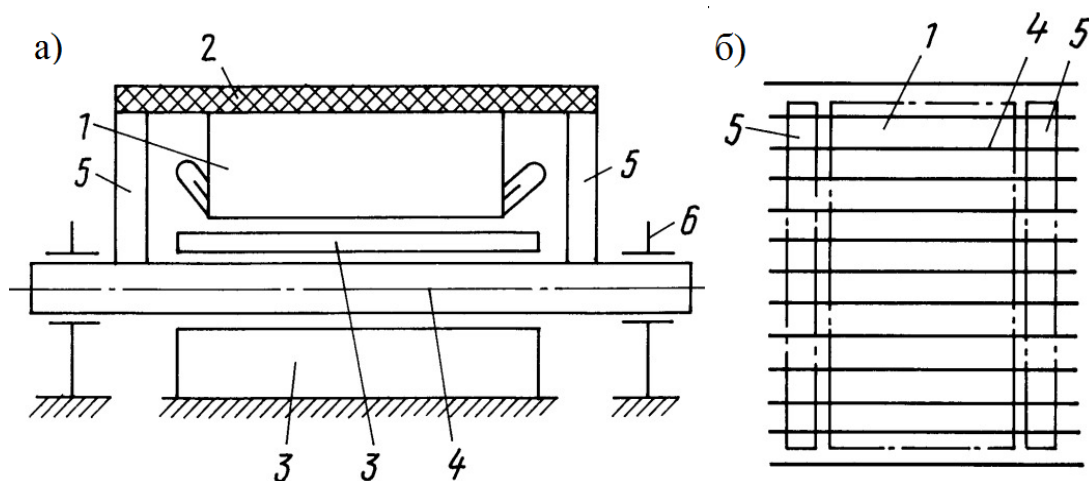


Рис.1. Линейный асинхронный двигатель с замыкающими щетками, а) и обмотка вторичного элемента, б).

- 1 – индуктор с трехфазной обмоткой; 2 – планка из изоляционного материала;  
3 – сердечник вторичного элемента; 4 – цилиндрические электропроводящие стержни обмотки вторичного элемента; 5 – щетки из электропроводящего материала;  
6 – подшипники

Принцип действия рассматриваемого линейного асинхронного двигателя заключается в следующем. При подаче трехфазного напряжения на обмотку индуктора возбуждается бегущее в продольном направлении магнитное поле. Бегущее магнитное поле пересекает стержни обмотки вторичного элемента, расположенные под индуктором (Рис. 1, б), и индуцирует в них электродвижущие силы. Стержни под индуктором замкнуты накоротко электропроводящими щетками и образуют короткозамкнутую обмотку, вследствие этого под действием электродвижущих сил в стержнях потекут токи, вступающие во взаимодействие с бегущим магнитным полем. В результате создается тяговое усилие, перемещающее индуктор ЛАД (экипаж магнитнолевитационного транспорта). При движении индуктор (экипаж МЛТ) все время меняет свое положение и щетки размыкают стержни,

остающиеся позади транспортного экипажа. Тока в этих стержнях быть не может и не будет электрических потерь мощности, что повышает коэффициент полезного действия тягового линейного асинхронного двигателя и системы МЛТ в целом и снижает расходы при эксплуатации нового вида транспорта.

Значимыми недостатками предложенного ЛАД является наличие трения между щетками и стержнями и искрение в контакте щетка-стержень при разрыве цепи при движении высокоскоростного экипажа МЛТ. Этих недостатков не имеет второй вариант конструкции линейного асинхронного двигателя без ВПКЭ, электропроводящие стержни обмотки вторичного элемента которого замкнуты с одной стороны общей электропроводящей шиной, а с другой стороны между каждой парой стержней расположены магнитоуправляемые контакты (герконы), электрически связанные со стержнями. Конструкция ЛАД представлена на Рис. 2.

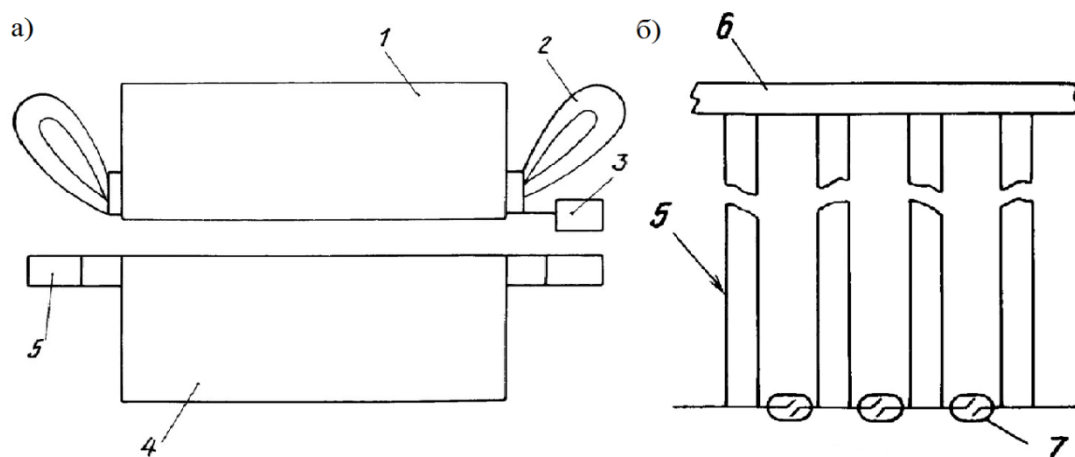


Рис. 2. Линейный асинхронный двигатель с замыкающими герконами, а) и обмотка вторичного элемента, б).

- 1 – индуктор; 2 – трехфазная обмотка индуктора; 3 – постоянный магнит;  
4 – сердечник вторичного элемента; 5 – электропроводящие стержни; 6 – шина;  
7 – магнитоуправляемые контакты (герконы)

Линейный асинхронный двигатель содержит индуктор 1 с ферромагнитным сердечником и трехфазной обмоткой 2. Индуктор ЛАД оборудован постоянным магнитом 3 (Рис. 2 а). Вторичный элемент (путевая структура МЛТ) состоит из ферромагнитного сердечника 4 и обмотки 5 (Рис. 2 б). Обмотка вторичного элемента состоит из электропроводящих стержней 5, замкнутых с одной стороны общей шиной 6 (Рис. 2 б). С противоположной стороны между каждой парой стержней установлены магнитоуправляемые контакты (герконы) 7, электрически соединенные со стержнями обмотки 5. Герконы 7, расположенные под постоянным магнитом 3 (под экипажем МЛТ), замкнуты.

Второй вариант конструкции тягового линейного асинхронного двигателя без ВПКЭ работает следующим образом. Подключение

индуктора к источнику трехфазного напряжения приводит к созданию бегущего магнитного поля, пересекающего стержни обмотки вторичного элемента и наводящего в них электродвижущие силы. Стержни обмотки ВЭ, расположенные пол индуктором образуют короткозамкнутую обмотку, поскольку контакты герконов под действием магнитного поля постоянного магнита будут замкнуты. Под действием ЭДС в обмотке ВЭ потекут токи. Взаимодействие бегущего магнитного поля с токами в обмотке вторичного элемента создает тяговое усилие, перемещающее экипаж магнитнолевитационного транспорта. При движении высокоскоростного транспортного экипажа в набегающих частях вторичного элемента под действием поля постоянного магнита замыкаются контакты новых герконов, образуя короткозамкнутую обмотку в другой части путевой структуры МЛТ, а в сбегающих частях вторичного элемента («освободившихся» из-под индуктора ЛАД) контакты герконов размыкаются и вне пределов индуктора (экипажа) токи протекать не будут. Вторичный продольный краевой эффект в данном случае полностью отсутствует. Сама короткозамкнутая обмотка ВЭ под индуктором движущегося экипажа МЛТ создается без всякого трения, что повышает коэффициент полезного действия линейного асинхронного двигателя.

### Влияние ВПКЭ на работу ЛАД

Токи в электропроводящей части вторичного элемента ЛАД протекают под действием трансформаторной электродвижущей силы и ЭДС «движения». При низких скоростях движения МЛТ большее значение имеет первые из них, а при высоких скоростях – вторые. На основании теоретических положений и экспериментальных данных получено соотношение, позволяющее рассчитывать электрические потери мощности во вторичном элементе, возникающие от действия вторичного продольного краевого эффекта

$$P_{к.э.} = B_{z0} \cdot \Delta_2 \cdot \gamma_2 \cdot v_1^2 \left[ \frac{2,6 \cdot \delta \cdot (v_1 + 3 \cdot f \cdot \delta)}{v_1 + 6 \cdot f \cdot \delta} + \frac{\tau_1 \cdot v_1}{70 \cdot f} \right] \cdot 10^{-5},$$

где  $B_{z0}$  – магнитная индукция в воздушном зазоре в центре индуктора;

$\Delta_2$  – сечение проводящей части ВЭ;

$\gamma_2$  – электропроводность стержней ВЭ;

$v_1$  – скорость движения;

$\delta$  – воздушный зазор;

$f$  – частота тока;

$\tau_1$  – коэффициент, зависящий от электропроводности ВЭ.

Все величины подставляются в формулу в системе СИ, результат получается в «кВт».

Выполненные экспериментальные на дугостаторном стенде исследования показали, что при скорости движения 215 км/ч у ЛАД мощностью 1,5 кВт за счет потерь от действия ВПКЭ коэффициент полезного действия снизился на 12 %.

### Выводы

1. Получено соотношение, позволяющие учитывать влияние вторичного продольного краевого эффекта на работу тяговых линейных асинхронных двигателей МЛТ.

2. Выполненные экспериментальные исследования подтвердили большое влияние вторичного продольного краевого эффекта на коэффициент полезного действия и тяговое усилие линейного асинхронного двигателя.

3. Предложенные конструкции линейных асинхронных двигателей позволяют исключить влияние ВПКЭ и повысить коэффициент полезного действия ЛАД и системы магнитнолевитационного транспорта в целом.

### Авторы заявляют, что:

1. У них нет конфликта интересов;
2. Настоящая статья не содержит каких-либо исследований с участием людей в качестве объектов исследований.

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК / References

1. Антонов Ю.Ф., Зайцев А.А. Магнитнолевитационная транспортная технология / под ред. В.А. Гапановича. – М: Физматлит, 2014. – 476 с. [Antonov YuF, Zaitsev AA. *Magnitolevitatsionnaya transportnaya tekhnologiya*. Gapanovich VA, editor. Moscow: Fizmatlit; 2014. 476 p. (In Russ)]. Доступно по: [https://b-ok.org/book/2901328/800f1a/?\\_ir=1](https://b-ok.org/book/2901328/800f1a/?_ir=1). Ссылка активна на: 03.02.2019.
2. Зайцев А.А., Талашкин Г.Н., Соколова Я.В. Транспорт на магнитном подвесе / под ред. А.А. Зайцева. – СПб: ПГУПС, 2010. – 160 с. [Zaitsev AA, Talashin GN, Sokolova IaV. *Transport na magnitnom podvese*. Zaitsev AA, editor. St. Petersburg: PSTU; 2010. 160 p. (In Russ)]. Доступно по: <https://search.rsl.ru/ru/record/01004907216>. Ссылка активна на: 01.02.2019.
3. Магнитнолевитационный транспорт: научные проблемы и технические решения / под ред. Ю.Ф. Антонова, А.А. Зайцева. – М: Физматлит, 2015. – 612 с. [Antonov YuF, Zaitsev AA, editor. *Magnitolevitatsionnyy transport: nauchnyye problem i tekhnicheskkiye resheniya*. Moscow: Fizmatlit; 2015. 612 p. (In Russ)]. Доступно по: <https://b-ok.org/book/2910926/a2ce27>. Ссылка активна на: 02.02.2019.
4. Зайцев А.А., Морозова Е.И., Талашкин Г.Н., Соколова Я.В. Магнитнолевитационный транспорт в единой транспортной системе страны / под ред. А.А. Зайцева. – СПб: НП-ПРИНТ, 2015. – 140 с. [Zaitsev AA, Morozova EI, Talashin GN, Sokolova IaV. *Magnitolevitatsionnyy transport v edinoi transportnoi sisteme strany*. Zaitsev AA, editor. St. Petersburg: NP-PRINT; 2015. 140 p. (In Russ)]. Доступно по: <https://search.rsl.ru/ru/record/01008161609>.

- Ссылка активна на: 03.02.2019.
5. Зайцев А.А. О современной стадии развития магнитолевитационного транспорта и подходах к выбору специализации и физической основы высокоскоростного движения на направлении Москва–Санкт-Петербург // Бюллетень объединенного ученого совета ОАО «РЖД». – 2016. – № 4. – С. 26–33. [Zaitsev AA. O sovremennoy stadii razvitiya magnitolevitatsionnogo transporta i podkhodakh k vyboru spetsializatsii i fizicheskoy osnovy vysokoskorostnogo dvizheniya na napravlenii Moskva–Sankt-Peterburg. *Byulleten' ob'yedinennogo uchenogo soveta of Russian Railways*. 2016;4:26-33. (In Russ)]. Доступно по: <https://elibrary.ru/item.asp?id=27472893>. Ссылка активна на: 02.02.2019.
  6. Зайцев А.А. Магнитолевитационные системы и технологии // Железнодорожный транспорт. – 2014. – № 5. – С. 69–73. [Zaitsev AA. Magnitolevitatsionnye sistemy i tehnologii. *Zheleznodorozhnyy transport*. 2014;5:69-73. (In Russ)]. Доступно по: <https://elibrary.ru/item.asp?id=21883966>. Ссылка активна на: 03.02.2019.
  7. Антонов Ю.Ф., Зайцев А.А., Морозова Е.И. Исследование магнитодинамической левитации и электродинамического торможения грузовой транспортной платформы // Известия ПГУПС. – 2014. – № 4. – С. 5–15. [Antonov YuF, Zaitsev AA, Morozova EI. Study of magnetic dynamic levitation and electrodynamic braking of a cargo transport platform. *Proceedings of Petersburg Transport University*. 2014;(4):5-15. (In Russ)]. Доступно по: <https://cyberleninka.ru/article/n/issledovanie-magnitodinamicheskoy-levitatsii-i-elektrodinamicheskogo-tormozheniya-gruzovoy-transportnoy-platformy>. Ссылка активна на: 05.02.2019.
  8. Konyaev AYu, Bagin DN. Modeling an Electrodynamic Separator Based on a Linear Inductor. *Russian Electrical Engineering*. 2018;89(3):168-173. doi: 10.3103/S1068371218030100
  9. Sarapulov FN, Frizen VE, Shvydkiy YL, et al. Mathematical modeling of a linear-induction motor based on detailed equivalent circuits. *Russian Electrical Engineering*. 2018;89(4):270-274. doi: 10.3103/s1068371218040119
  10. Bakhvalov YuA, Gorbatenko NI, Grechikhin VV, et al. Design of optimal electromagnets of magnetic-levitation and lateral-stabilization systems for ground transportation based on solving inverse problems. *Russian Electrical Engineering*. 2017;88(1):15-18. doi: 10.3103/S1068371217010047
  11. Пашков Н.Н. Уравнение движения магнитолевитационного подвижного состава // Транспортные системы и технологии. – 2015. – Т. 1. – № 1. – С. 59–69. [Pashkov NN. The equation of motion of the magnetic rolling stock. *Transportation Systems and Technology*. 2015;1(1):59-69. (In Russ., In Engl.)]. doi: 10.17816/transsyst20151159-69
  12. Филиппов Д.М. Особенности моделирования магнитного поля в электромеханических узлах магнитолевитационной транспортной системы методом вторичных источников // Транспортные системы и технологии. – 2015. – Т. 1. – № 2. – С. 49–61. [Filippov DM. Features of the simulation of the magnetic field in the electromechanical units of a magnetic-levitation transport system by the method of secondary sources. *Transportation Systems and Technology*. 2015;1(2):49-61. (In Russ., In Engl.)]. doi: 10.17816/transsyst20151249-61
  13. Лapidус Б.М., Лapidус Л.В. Железнодорожный транспорт: философия будущего. М: Прометей, 2015. – 232 с. [Lapidus BM, Lapidus LV. *Zeleznodoroznyi transport: filosofia buduchego*. Moscow: Prometei; 2015. 232 p.



- (In Russ)]. Доступно по: <https://elibrary.ru/item.asp?id=23731956>. Ссылка активна на: 02.02.2019.
14. Калнинь Т.К. Линейные индукционные машины с поперечным магнитным потоком. Рига: Зинатне, 1980. – 170 с. [Kalnin' TK. *Lineynyye induktsionnyye mashiny s poperechnym magnitnym potokom*. Riga: Zinatne; 1980. 232 p. (In Russ)]. Доступно по: <https://ru.b-ok.cc/book/2760544/6d2e3d>. Ссылка активна на: 03.02.2019.
  15. Соломин А.В. Линейные асинхронные тяговые двигатели для высокоскоростных поездов и их математическое моделирование. Ростов-на-Дону: РГУПС, 2008. – 204 с. [Solomin AV. *Lineynyye asinkhronnyye tyagovyye dvigateli dlya vysokoskorostnykh poyezdov i ikh matematicheskoye modelirovaniye*. Rostov-on-Don: RSTU; 2008. 204 p. (In Russ)]. Доступно по: <https://search.rsl.ru/ru/record/01004131632>. Ссылка активна на: 04.02.2019.
  16. Lim J, Jeong J-H, Kim C-H, et al. Analysis and experimental evaluation of normal force of linear induction motor for Maglev vehicle. *IEEE Transactions on Magnetics*. Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE); 2017;53(11):1-4. doi: 10.1109/tmag.2017.2699694
  17. Ji W-Y, Jeong G, Park C-B, et al. A study of non-symmetric double-sided linear induction motor for Hyperloop All-In-One System (propulsion, levitation, and guidance). *IEEE Transactions on Magnetics*. 2018;54(11):1-4 doi: 10.1109/tmag.2018.2848292
  18. Lv G, Liu Z, Sun S. Analysis of torques in single-side linear induction motor with transverse asymmetry for linear metro. *IEEE Transactions on Energy Conversion*. Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE); 2016;31(1):165-173. doi: 10.1109/tec.2015.2470561
  19. Yonezu T, Watanabe K, Suzuki E, Sasakawa T. Study on Electromagnetic Force Characteristics Acting on Levitation/Guidance Coils of a Superconducting Maglev Vehicle System. *IEEE Transactions on Magnetics*. Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE); 2017;53(11):1-5. doi: 10.1109/tmag.2017.2697002

#### Сведения об авторах:

**Соломин Владимир Александрович**, доктор технических наук, профессор;  
адрес: 344038, Ростов-на-Дону, пл. Ростовского Стрелкового Полка Народного  
Ополчения, д. 2;

eLibrary SPIN:6785-9031; ORCID: 0000-0002-0638-1436;

E-mail: [ema@rgups.ru](mailto:ema@rgups.ru)

**Соломин Андрей Владимирович**, кандидат технических наук, доцент;

eLibrary SPIN:7805-9636; ORCID: 0000-0002-2549-4663;

E-mail: [vag@kaf.rgups.ru](mailto:vag@kaf.rgups.ru)

**Чехова Анастасия Алановна**, аспирант;

eLibrary SPIN: 8201-7660; ORCID: 0000-0002-3410-3687;

E-mail: [ema@rgups.ru](mailto:ema@rgups.ru)

**Замшина Лариса Леонидовна**, кандидат технических наук, доцент;

eLibrary SPIN: 8703-1347; ORCID: 0000-0001-5374-9443;

E-mail: [ema@rgups.ru](mailto:ema@rgups.ru)

**Трубицина Надежда Анатольевна**, кандидат технических наук, доцент;

eLibrary SPIN: 4192-0487; ORCID: 0000-0001-6640-8306;

E-mail: [ema@rgups.ru](mailto:ema@rgups.ru)

#### Information about the authors:

**Vladimir A. Solomin**, Doctor of Technological sciences, Professor;

address: 2, Rostovskogo Strelkovogo Polka Narodnogo Opolcheniya sq., Rostov-on-Don, 344038, Russia;

eLibrary SPIN: 6785-9031; ORCID: 0000-0002-0638-1436;

E-mail: ema@rgups.ru

**Andrei V. Solomin**, Candidate of Technological sciences, Associate Professor;

eLibrary SPIN: 7805-9636; ORCID: 0000-0002-2549-4663;

E-mail: vag@kaf.rgups.ru

**Anastasia A. Chekhova**, Graduate;

eLibrary SPIN: 8201-7660; ORCID: 0000-0002-3410-3687;

E-mail: ema@rgups.ru

**Larisa L. Zamchina**, Candidate of Technological sciences, Associate Professor;

eLibrary SPIN: 8703-1347; ORCID: 0000-0001-5374-9443;

E-mail: ema@rgups.ru

**Nadezda A. Trubitsina**, Candidate of Technological sciences, Associate Professor;

eLibrary SPIN: 4192-0487; ORCID: 0000-0001-6640-8306;

E-mail: ema@rgups.ru

#### **Цитировать:**

Соломин В.А., Соломин А.В., Чехова А.А. и др. Линейные асинхронные двигатели без продольного краевого эффекта // Транспортные системы и технологии. – 2019. – Т. 5. – № 2. – С. 60–69. doi: 10.17816/transsyst20195260-69

#### **To cite this article:**

Solomin VA, Solomin AV, Chekhova AA, et al. Linear induction motors without longitudinal edge effect. *Transportation Systems and Technology*. 2019;5(2):60-69. doi: 10.17816/transsyst20195260-69