

Инновационный магнитолевитационный трубопроводный транспорт



К. К. Ким,
д-р техн. наук, заведующий
кафедрой «Теоретические
основы электротехники
и энергетики» Петер-
бургского государствен-
ного университета путей
сообщения Императора
Александра I (ПГУПС),
член Общественного сове-
та при Росжелдоре,



И. М. Карпова,
канд. техн. наук, доцент
кафедр «Теоретические
основы электротехники
и энергетики» ПГУПС,



О. А. Степанская,
канд. техн. наук,
декан факультета
«Автоматизация
и интеллектуальные
технологии» ПГУПС

Идея использования трубопровода для движения внутри него транспортных средств не теряет своей привлекательности из-за возможности решения вопросов повышения скорости и безопасности движения, а также уменьшения негативного антропогенного влияния на окружающую среду.

Особый интерес вызывают примеры использования для трубопроводного транспорта магнитного подвеса и тяговых линейных электрических двигателей. Создание технического вакуума внутри трубы позволяет практически устранить аэродинамическое сопротивление движению транспортного средства, а, следовательно, повысить его скорость и кардинально решить вопрос шумности.

Как правило, транспортные системы такого типа предназначены для высокоскоростных пассажирских перевозок, так как пропускание больших грузопотоков через «угольное ушко» трубы весьма проблематично. Также следует отметить, что при высоких скоростях движения (свыше 500 км/ч) пассажирские перевозки рентабельны на длинных дистанциях. Это продиктовано ограничением по ускорению (не более 1,5 м/с), связанному с комфортностью поездки для пассажиров.

Следует отметить, что при скорости выше 100 км/ч основную роль в дина-

мике движущегося магнитоподвешенного транспортного средства при атмосферном давлении играет аэродинамическое сопротивление. Однако в последнее время появляются разработки транспортных систем с использованием магнитного подвеса, предназначенных для перевозки не только пассажиров, но и железнодорожных и морских контейнеров на скорости умеренной величины.

Актуальность этих разработок подтверждает анализ ситуации на рынке транзитных контейнерных перевозок, который показывает, что основным препятствием реализации транзитного потенциала России является ограниченная пропускная способность транспортных коридоров.

Решением данной проблемы как раз может стать строительство инновационных скоростных транспортных систем. Так, в качестве пилотного проекта предложена транспортная магнитолевитационная система, которая должна была связать Усть-Лужский контейнерный терминал на берегу Финского залива и терминально-логистический центр «Белый Раст» в Подмоскowie, общей протяженностью 720 км.

Пропускная способность трассы в одном направлении намечена в 2,5 тыс. TEU¹ в сутки. Средняя скорость движения контейнеров предполагалась равной примерно 250 км/ч. Особо отметим, что конструкция путевого полотна в данном проекте не предусматривала использование внешней трубы. Контейнеры во время транспортировки закреплялись на магнитоподвешенных платформах грузоподъемностью 64 т [1].

¹ Twenty-foot Equivalent Unit, «двадцатифутовый эквивалент» — условное обозначение 20-футового ISO-контейнера.

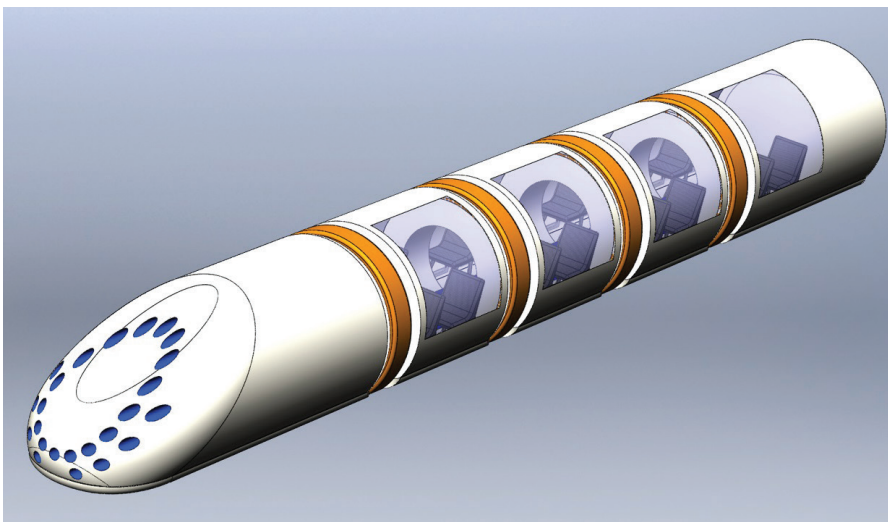


Рис. 1. Транспортная пассажирская капсула

Особенности конструкции транспортных модулей, используемых в трубопроводном транспорте

На кафедре теоретических основ электротехники и энергетики ПГУПС разработана серия скоростных транспортных систем с магнитным подвесом транспортных модулей, движущихся в цилиндрическом жестком трубопроводе.

Для пассажирского варианта транспортный модуль представлял собой герметичную «сигаровидную» капсулу (рис. 1).

В системе для грузовых перевозок модуль контейнерного варианта состоит из опорной плиты 1, снабженной передним обтекателем 2 (рис. 2). На опорной плите 1 жестко закрепляется контейнер 3. На плиту 1 опираются жесткие круглые шпангоуты 4 (короткозамкнутые витки), выполненные из электропроводящего материала.

Функционирование всех разработанных систем связано с созданием в трубопроводе разреженной воздушной среды. Это позволяет снизить аэродинамическое сопротивление и, следовательно, увеличить скорость передвижения модуля. Создание разреженной атмосферы в трубе по сравнению с техническим вакуумом, который имеет место в разработке Илона Маска Hyperloop, более рентабельно, так как при скоростном пороге примерно 500 км/ч на откачку воздуха и поддержание вакуума будет затрачено больше энергии, чем на преодоление трения модуля о воздух. Поэтому решено снизить плотность воздуха в трубе примерно в 1,5–2 раза. Наличие остаточного воздуха приводит к тому, что при скоростном движении капсулы (модуля пассажирского назначения) на ее поверхности образуется пограничный слой воздуха.

Неровности поверхности обшивки капсулы, неравномерность течения воздушного слоя и вибрации обшивки инициируют зарождение небольших возмущений пограничного слоя. Они ведут к образованию турбулентных пятен, которые со временем переводят практически весь пограничный слой в турбулентное состояние, что вызывает резкое возрастание аэродинамического сопротивления капсулы, появление возмущающих сил и моментов, действующих на нее.

Чтобы компенсировать эти негативные явления, необходимо повышать мощность приводных двигателей и устройств, осуществляющих простран-

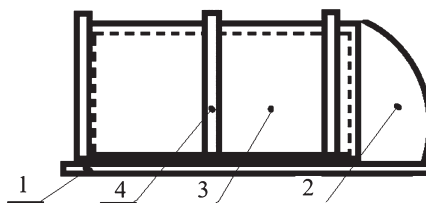


Рис. 2. Транспортный модуль с контейнером

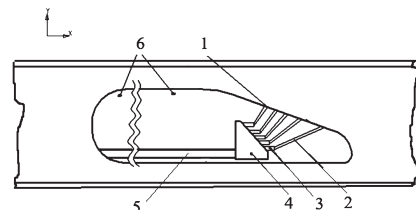


Рис. 3. Схема отсоса турбулентных пятен

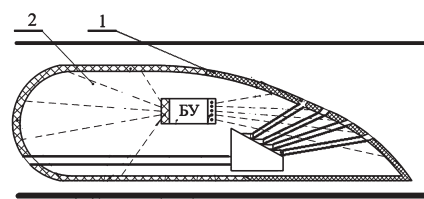


Рис. 4. Схема транспортного модуля

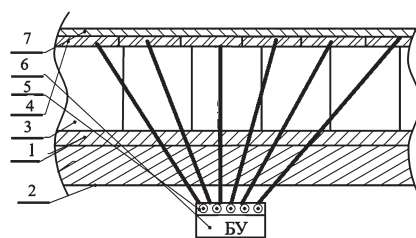


Рис. 5. Структура внешней обшивки лобовой части кузова модуля

ственное магнитное удержание капсулы, а также усиливать ее конструкцию, ухудшая тем самым массогабаритные показатели.

Можно частично избежать описанных последствий выполнив переднюю по движению часть капсулы перфорированной (рис. 1) [2, 3]. Через эти отверстия выполняется отсос зарождающихся турбулентных пятен пограничного слоя воздушного потока. В результате пограничный слой сохраняет в основном ламинарный характер.

Это приведет к 35 % уменьшению аэродинамического сопротивления. Воздушный поток, прошедший через перфорированные отверстия, используется для кондиционирования и охлаждения токонесущих элементов узлов тягового двигателя и магнитного подвеса капсулы. При отсосе используются насосы.

Перфорированные отверстия 1 соединены шлангами 2 с входными патруб-

ками 3 коллектора 4, выход которого сообщается с воздухопроводом 5, расположенным вдоль корпуса 6 капсулы (рис. 3). Конец этого воздухопровода находится в задней части модуля.

Координаты перфорированных отверстий определены в результате компьютерного моделирования. Для этого, используя разработанную схему конструктивного исполнения системы, с помощью серии CFD-моделирований определялись картины вихреобразования на поверхности обшивки головной части капсулы при следующих допущениях:

- воздух в трубе — акустическая среда (текущая несжимаемая среда);
- движение модуля происходит строго по осевой линии трубопровода;
- распределение воздуха в трубопроводе имеет осевую симметрию;
- деформации экипажа и внутренней поверхности трубопровода из-за воздействия турбулентных вихрей отсутствуют.

Принятие данных допущений и упрощений позволяло рассматривать плоскую модель движения модуля в трубе в осесимметричной постановке. При расчете использовались уравнения Навье — Стокса, осредненные по Рейнольдсу RANS, и $k-\epsilon$ модель турбулентности. Задача решалась в нестационарной 2D постановке в программном комплексе Comsol Multiphysics 5.5 и в 3D постановке в программном комплексе Flow Simulation Solid Works.

Вопрос дальнейшего снижения аэродинамического сопротивления решен оригинальным конструктивным способом, суть которого поясняется на рис. 4–6. Кроме отсасывания турбулентных пятен с обшивки головной части модуля, которое имеет место в системе на рис. 3, использована обшивка корпуса модуля специальной конструкции (рис. 4) [4].

Часть обшивки, которая крепилась к поверхности лобовой части 1 кузова 2 модуля, состояла из четырех последовательно уложенных друг на друга оболочек (рис. 5): нижней пластиковой эластичной оболочки 1 (рис. 6), жестко закрепленной на поверхности корпуса 2; второй оболочки из поликарбоната 3, представляющей собой сотовое покрытие; третьей оболочки из сегментированных пьезокерамических листов 4, выполняющих функцию управляющих датчиков, подключенных к входам 5 блока управления 6, представляющего собой программируемый микроконтроллер

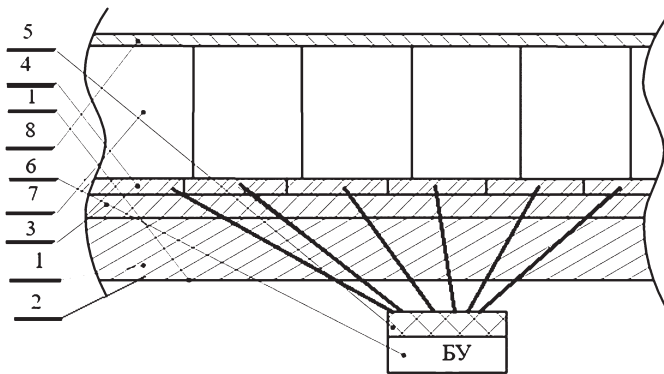


Рис. 6. Обшивка поверхности средней и хвостовой частей кузова модуля

AVR семейства megaAVR (ATmega); четвертой пластиковой эластичной оболочки 7.

Другая часть обшивки крепится к поверхностям средней и хвостовой частей 1 (рис. 6) кузова 2 транспортного модуля и состоит из четырех последовательно уложенных друг на друга оболочек: нижней пластиковой эластичной оболочки 3, жестко закрепленной на поверхности кузова 2; второй оболочки 4 из сегментированных пьеzoкерамических листов, выполняющих функцию управляемых исполнительных элементов, подключенных к выходам 5 блока управления 6; третьей оболочки из поликарбоната 7, представляющей собой сотовое покрытие; четвертой пластиковой эластичной оболочки 8.

Благодаря такому исполнению обшивки силовое воздействие турбулентных пятен воздуха на лобовую часть 1 модуля (рис. 4) воспринимается пластиковой эластичной оболочкой 1 (рис. 5) и оболочкой из сегментированных пьеzoкерамических листов 4, играющих роль управляющих датчиков.

Эти две оболочки передают аэродинамическую нагрузку оболочке из поликарбоната 3, которая, в свою очередь, передает на пластиковую эластичную оболочку 7, жестко закрепленную на кузове модуля. При силовом воздействии управляющие датчики, расположенные на оболочке лобовой части модуля (сегментированные пьеzoкерамические листы 4) генерируют электрические сигналы, поступающие на входы 5 блока управления 6. Он, в свою очередь, формирует управляющие сигналы, которые через его выходы 5 (рис. 6) подаются на исполнительные элементы 4 оболочек средней и хвостовой частей кузова. Причем в первую очередь управляющие сигналы приходят на первые по ходу движения модуля исполнительные элементы

4, а затем, с установленной временной задержкой, — вторые, после — третьи и т. д., пока сигналы не достигнут самых последних, расположенных в хвостовой части транспортного модуля.

Задержка по времени обеспечивает последовательное возбуждение исполнительных элементов, которые при приходе управляющих сигналов изменяют свои геометрические размеры (сжимаются), тем самым уменьшая периметр мгновенного поперечного сечения кузова модуля, а при отсутствии управляющих сигналов сохраняют геометрические размеры, предусмотренные конструктивно.

Таким образом, формируется волна сжатия слоя исполнительных элементов, скорость распространения которой по оболочке кузова транспортного модуля пропорциональна скорости распространения турбулентного возмущения: при изменении скорости турбулентного потока воздуха изменяется и скорость волны сжатия исполнительных элементов.

Воздушные вихри, которые локально образуются на обшивке кузова модуля, будут на начальной стадии процесса от места зарождения в лобовой части модуля смещаться к хвостовой, где подхваченные общим потоком воздуха будут унесены с поверхности обшивки кузова и сброшены в область за кузовом модуля.

Использование демпфирующих свойств обшивки, управляемых в зависимости от величины и места приложения аэродинамических сил, обусловленных действием возмущений воздушного потока на кузов модуля, позволяет уменьшить его аэродинамическое сопротивление.

Тяговые линейные электродвигатели

Одним из основных узлов рассматриваемой транспортной системы является приводной двигатель, в качестве которого может быть использован модифици-

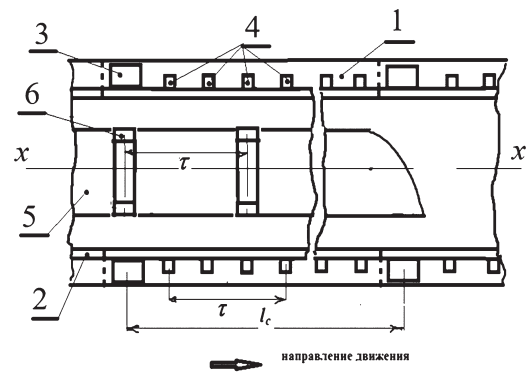


Рис. 7. Транспортная трубопроводная система

рованный линейный асинхронный двигатель (ЛАД) или линейный синхронный двигатель (ЛСД). У обоих вариантов имеются свои плюсы и минусы [5, 6].

Тяговый линейный асинхронный двигатель. Для транспортной системы с ЛАД статор 1 располагается снаружи стенки трубы 2 (рис. 7) [1]. На статоре находятся сосредоточенная индукторная обмотка 3 и распределенная трехфазная обмотка 4. Капсула 5 несет на себе систему короткозамкнутых витков 6.

Статор ЛАД состоит из электрически несвязанных отдельных участков — сегментов, начало и конец которых показаны на рисунке штриховыми линиями. Все сегменты выполнены единообразно — в начале располагается индукторная обмотка, за ней следует трехфазная. Полусное деление τ трехфазной обмотки равно расстоянию между соседними короткозамкнутыми витками.

Каждый статорный сегмент «работает» в течение времени нахождения капсулы в пределах этого сегмента. В этот период индукторная и трехфазная обмотки сегмента запитаны от источников однофазного и трехфазного синусоидального тока с периодом $T = \frac{2\tau}{v}$, где v — локальная скорость движения капсулы на данном сегменте. Источники питания на рисунке не показаны.

Ток индукторной обмотки синхронизируется с положением короткозамкнутого витка таким образом, чтобы он достигал максимального значения при совпадении срединных плоскостей индукторной обмотки и короткозамкнутого витка. Направления токов, индуцируемых в короткозамкнутых витках магнитным полем индукторной обмотки (играющим роль поля возбуждения), чередуются, поэтому магнитное поле этих токов распределяется периодически вдоль оси x с периодом 2τ .

Длина сегмента выбирается такой, чтобы уменьшение поля возбуждения на этой длине было не слишком значительным, например всего в два раза. Частота тока в трехфазной обмотке строго соответствует локальной скорости капсулы. Поэтому скорости бегущего магнитного поля статора линейного электродвигателя (его пространственный период также равен 2τ) и поля возбуждения одинаковы, но эти поля сдвинуты на угол, определяемый мощностью, потребляемой от источника питания трехфазного тока. Сила тяги ЛАД будет равна:

$$F = \frac{3UE}{Xv} \sin \delta,$$

где U и E — напряжение и электродвижущая сила возбуждения трехфазной обмотки сегмента соответственно;

X — индуктивное сопротивление трехфазной обмотки сегмента с учетом магнитного влияния двух других фаз.

Определенный интерес в смысле уменьшения аэродинамического сопротивления представляет транспортная система (рис. 8) [7].

В отличие от транспортной системы на рис. 7, боковая поверхность 1 транспортного модуля 2 (рис. 8) выполнена гофрированной (в виде периодической системы кольцеобразных канавок 3), поэтому при его движении часть набегающего потока воздуха 1 (рис. 9), попадая в кольцевую канавку 2, приобретает вихревой характер и образует кольцеобразный каток — вихрь 3 [8].

На образовавшихся кольцеобразных катках-вихрях транспортный модуль катится относительно внутренней стенки трубы 4 (как по своеобразному рольгангу), что значительно уменьшает потери на трение по сравнению с вариантом скольжения, которое имеет место в случае, показанном на рис. 4. Описанное повышает КПД работы трубопроводного транспорта.

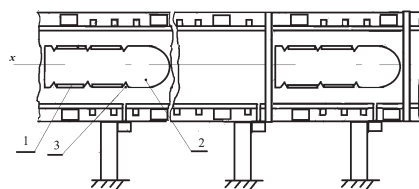


Рис. 8. Транспортная система с гофрированной боковой поверхностью транспортного модуля

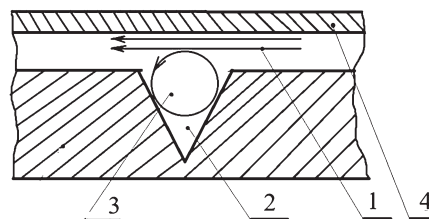


Рис. 9. Механизм образования кольцеобразного катка-вихря

Образующиеся в канавках гофра трубы воздушные вихри в поперечном сечении трубы имеют кольцеобразную форму, поэтому с их помощью можно осуществлять аэродинамическую стабилизацию положения движущегося транспортного модуля в трубопроводе.

«Поршневой» эффект и способ уменьшения его последствий. Кроме увеличения аэродинамического сопротивления наличие воздуха в трубе приводит к проявлению так называемого «поршневого» эффекта. Чтобы частично нивелировать его негативные последствия, предложено периодически стравливать давление перед передним обтекатель движущегося транспортного модуля (см. рис. 2) путем отсоса воздуха из этой области в дополнительный трубопровод, расположенный параллельно транспортному, и возвращения этого воздуха в область за задней стенкой модуля. Данное предложение реализовано в скоростной транспортной контейнерной системе, показанной на рис. 10 [9, 11].

Базовая часть конструкции не отличается от транспортной пассажирской системы, описанной ранее. Особенность

заключается в том, что параллельно внешнему цилиндрическому жесткому трубопроводу 1 расположен дополнительный трубопровод 2. Их полости соединены посредством патрубков 3 и 4. Каждый участок дополнительного трубопровода между двумя соседними патрубками 3 и 4 снабжен перепускным клапаном 5 или 6, например, клапаном избыточного давления модернизированного типа КИДм-100, КИДм-150, КИДм-200, КИДм-300. Стрелками показано направление отсасываемого воздуха из внешнего цилиндрического жесткого трубопровода.

В основном данная транспортная система функционирует аналогично пассажирской (см. рис. 4). Однако при скоростном движении модуля 7 его передний обтекатель подобно поршню нагнетает давление внутри внешнего цилиндрического жесткого трубопровода 1.

Из-за перепада давлений в дополнительном трубопроводе 2 и внутри трубопровода 1 перед обтекателем модуля 7 воздух из внешнего цилиндрического жесткого трубопровода 1 по патрубки 3 перетекает в дополнительный трубопровод 2 и через перепускной клапан 5 по патрубки 4 частично возвращается внутрь внешнего трубопровода 1, в результате чего происходит компенсация разрежения воздуха за задней частью модуля (контейнера) 7.

Оставшаяся часть воздуха в дополнительном трубопроводе 2 через перепускной клапан 6 уходит на предыдущий участок дополнительного трубопровода 2. Перепускные клапаны 5 и 6 обеспечивают направленность потока отсасываемого воздуха из трубопровода 1.

Использование тягового линейного синхронного двигателя. Бесконтактный индукционный способ возбуждения токов в короткозамкнутых витках модуля в транспортных системах (рис. 7, 10) предопределяет их малую величину и, следо-

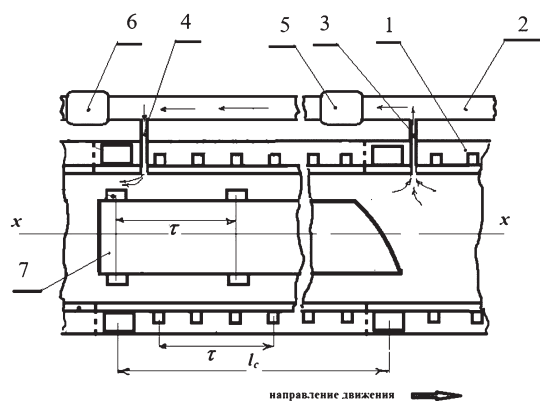


Рис. 10. Транспортная система с уменьшенным «поршневым» эффектом

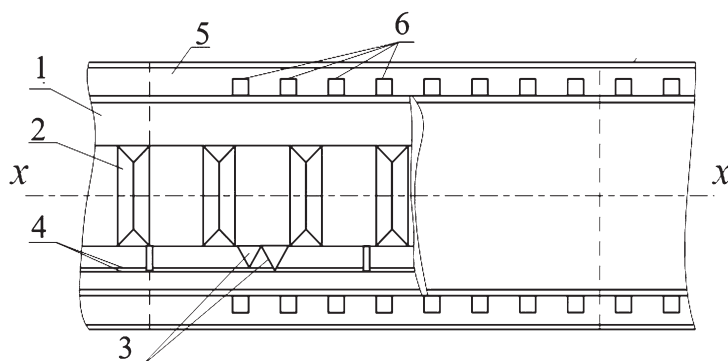


Рис. 11. Транспортная система с ЛСД

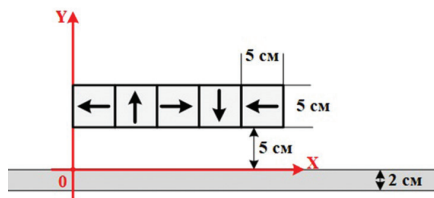


Рис. 12. Упрощенная схема фрагмента сборки Хальбаха

вательно, относительно низкий КПД тягового линейного асинхронного двигателя. Эту проблему можно решить, используя кондукционный способ передачи энергии от наземных источников электропитания на движущийся модуль с помощью узла скользящего токопровода и создание магнитного поля возбуждения с помощью бортовой обмотки постоянного тока, т. е. используя в качестве тягового линейного двигателя синхронный.

Данное конструктивное решение потребовало изменения конструкции всего двигателя, а именно замену цилиндрического варианта на традиционный — плоскостной [12]. Новая система показана на рис. 11.

В нижней части транспортного модуля 1 жестко закреплена обмотка возбуждения постоянного тока 2, которая соединена с токоприемником 3 (например, модернизированным ТАСС-16-02, ТАСС-16-01 или ТАСС-10-01), установленным на внешней поверхности днища модуля. Ответные два контактных провода 4 жестко закреплены на нижней части внутренней поверхности трубопровода. Данная система также построена по сегментному принципу. На каждом сегменте 5 расположена трехфазная статорная обмотка 6.

Эксплуатация данного трубопроводного транспорта предполагает использование узлов магнитного подвеса модуля, которые на рисунке не показаны, поэтому расположение токоприемника 3 и контактных проводов 4 снизу модуля 1 позволяет использовать часть его силы тяжести для нажатия токоприемника 3, причем регулирование величины нажатия может осуществляться за счет изменения силы магнитного подвеса.

Движение модуля в замкнутом пространстве — жестком трубопроводе — снимает вопрос загрязнения зоны скользящего контакта. Этот же факт свидетельствует о возможности эффективного использования твердой смазки на основе дисульфида молибдена для уменьшения трения между токоприемником и контактным проводом приме-

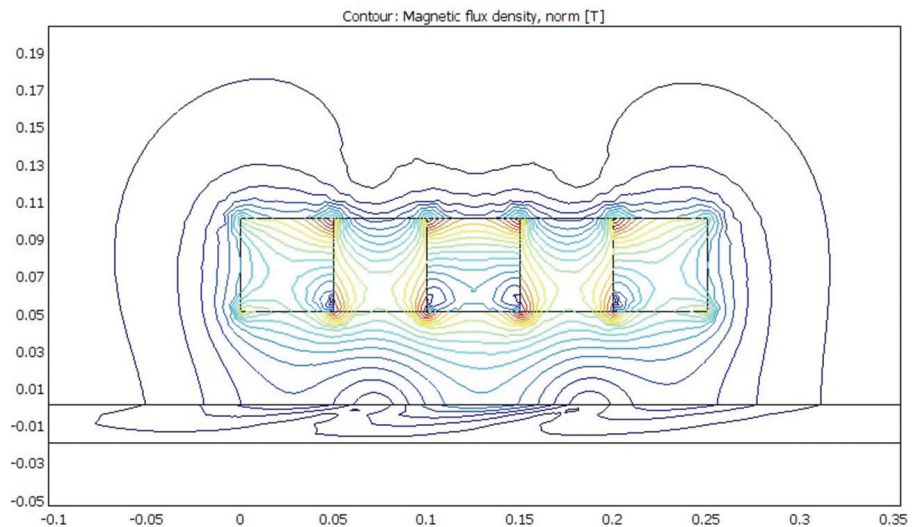


Рис. 13. Картина магнитного поля, созданного сборкой Хальбаха

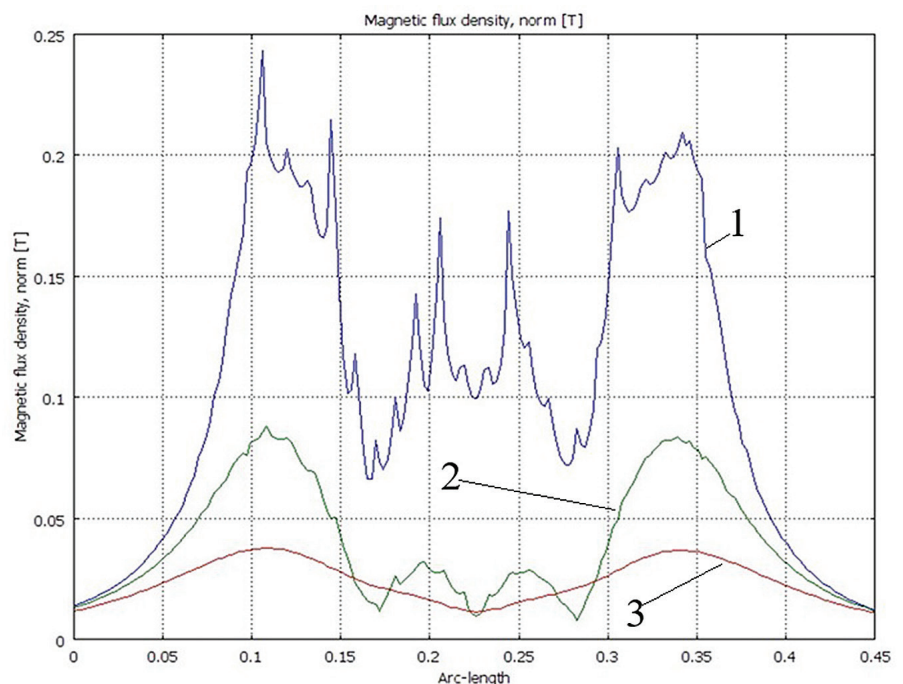


Рис. 14. Распределение магнитной индукции по длине сборки Хальбаха при различных величинах высоты подвеса, мм: 1 — 10; 2 — 30; 3 — 60

нительно к высоким скоростям движения модуля [13].

Вопрос эксплуатации ЛСД в магнитолевитационных транспортных системах хорошо проработан, особенно это касается систем, где для реализации магнитного подвеса используются сверхпроводящие катушки [14].

Известно, что использование явления низкотемпературной сверхпроводимости кроме неоспоримых положительных качеств привносит с собой необходимость решения ряда серьезных проблем: ухудшение массогабаритных показателей транспортного средства из-за использования бортового криогенного оборудования, высокий уровень электромагнитных полей в пассажирских салонах, затрудне-

ние и порой невозможность получения необходимого значения левитационной силы при стоянках и движении с низкими скоростями и др.


В работе [1] предлагается вместо сверхпроводящих катушек в качестве источников магнитного поля как для устройств магнитного подвеса, так и для системы возбуждения ЛСД использовать магнитные сборки Хальбаха. По экономическим соображениям они устанавливаются на борту транспортного средства. На путевом полотне могут ответно располагаться либо электропроводящие немагнитные путевые структуры (электродинамический тип подвеса, используется сила отталкивания), либо ферромагнитные конструкции (электромаг-

нитный тип подвеса, используется сила притяжения).

Упрощенная схема фрагмента сборки Хальбаха, который исследовался на кафедре теоретических основ электротехники и энергетики, приведена на *рис. 12*. Стрелками показано направление намагниченности постоянных магнитов, составляющих сборку. Величина намагниченности принималась равной 800000 А/м. Магниты неподвижны, а стальная путевая структура движется влево с равномерной скоростью 100 м/с.

На *рис. 13* дана картина магнитного поля, созданного данной сборкой. Видно, что с помощью сборки Хальбаха можно решать вопросы понижения уровня магнитного поля в пассажирском салоне (на рисунке пространство над сборкой) без использования электромагнитных экранов, утяжеляющих транспортное средство.

На *рис. 14* показаны распределения индукции магнитного поля на разном расстоянии от путевой структуры.

Можно отметить, что при увеличении высоты подвеса распределение магнитной индукции становится более равномерным, но сопровождается уменьшением силы магнитного подвеса. В связи с этим целесообразно проведение оптимизационных расчетов и мероприятий по выравниванию величины магнитного поля по длине сборки при условии сохранения требуемого значения подъемной силы. 

Источники

1. Зайцев А. А., Антонов Ю. Ф. Особенности магнитолевитационной технологии, применяемой на общественном транспорте // Известия ПГУПС. 2012. № 3. С. 11–18.
2. Ким К. К. Российский вариант вакуумной транспортной системы // Железнодорожный транспорт. 2016. № 12. С. 56–57.
3. Ким К. К., Панычев А. Ю. Инновационные электротехнические разработки для транспортной отрасли Петербургского государственного университета путей сообщения Императора Александра I // Бюллетень результатов научных исследований. 2021. № 4. С. 87–103.
4. Патент № 2738149 Российская Федерация. Кузов вагона трубопроводного транспорта / Ким К. К., Крон И. Р., Ватулин Я. С. Заявл. 12.03.2020. Оpubл. 08.12.20. 11 с.
5. Сика З. К., Куркалов И. И., Петров Б. А. Электродинамическая левитация и линейные синхронные двигатели транспортных систем. Рига: Зинатне, 1988. 258 с.
6. Бочаров В. И., Нагорский В. Д. Высоко скоростной наземный транспорт с линейным приводом и магнитным подвесом. М.: Транспорт, 1985. 279 с.
7. Патент № 174796 Российская Федерация. Вагон трубопроводного транспорта / Ким К. К., Титова Т. С. Заявл. 05.10.2016. Оpubл. 02.11.17. 11 с.
8. Лаврентьев М. А., Шабат Б. В. Проблемы гидродинамики и их математические модели. М.: Наука, 1977. С. 190, 234.
9. Патент № 2629661 Российская Федерация. Трубопроводный транспорт / Ким К. К., Титова Т. С. Заявл. 05.10.2016. Оpubл. 31.08.2017. 10 с.
10. Патент № 2636247 Российская Федерация. Трубопроводный транспорт / Ким К. К., Титова Т. С. Заявл. 18.07.2016. Оpubл. 21.11.17. 13 с.
11. Патент № 190381 Российская Федерация. Вагон трубопроводного транспорта / Ким К. К., Крон И. Р., Ватулин Я. С. Заявл. 01.02.2019. Оpubл. 28.06.19.
12. Патент № 2738109 Российская Федерация. Вагон трубопроводного транспорта / Ким К. К., Колесова А. В. Заявл. 09.12.2019. Оpubл. 09.12.20. 10 с.
13. Ким К. К., Панычев А. Ю., Блажко Л. С., Колесова А. В. Скользящий токосъем с дисульфидной смазкой в скоростных транспортных системах // Электротехника. № 10. 2019. С. 3–11.
14. Ким К. К. Системы электродвижения с использованием магнитного подвеса и сверхпроводимости. М.: Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте, 2007. 360 с.



Общероссийская общественная организация

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ ТРАНСПОРТА – В ЦИФРАХ

Академия включает
48 РЕГИОНАЛЬНЫХ ОТДЕЛЕНИЙ



СОСТАВ ОО «РАТ» В 2023 ГОДУ

> **680** УЧЕНЫХ-
ТРАНСПОРТНИКОВ:

170 ДОКТОРОВ НАУК

510 КАНДИДАТОВ НАУК

260 ПОЧЕТНЫХ ЧЛЕНОВ РАТ



ДАТА ОСНОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ
ТРАНСПОРТА:

26 июня 1991 года

www.rosacademtrans.ru