

## ВАКУУМНО-ЛЕВИТАЦИОННАЯ КОНВЕЙЕРНАЯ ЛИНИЯ ДЛЯ ТРАНСПОРТИРОВКИ ПОЧТОВЫХ ГРУЗОВ

### VACUUM-LEVITATION CONVEYOR LINE FOR MAIL TRANSPORTATION

Р.О.Кондратенко<sup>1</sup>, С.В.Семенов<sup>1</sup>, С.Б.Нестеров<sup>1</sup>, А.И.Холопкин<sup>1</sup>,  
Ю.А.Терентьев<sup>1</sup> / teren\_y@mail.ru, В.В.Коледов<sup>2</sup>, Г.Г.Малинецкий<sup>3</sup>, Б.В.Дроздов<sup>2</sup>,  
В.М.Осипов<sup>4</sup>, В.В.Точило<sup>5</sup>, П.С.Бражник<sup>6</sup>, Т.А.Зименкова<sup>7</sup>, М.А.Сысоев<sup>8</sup>,  
В.Г.Шавров<sup>2</sup>, А.И.Лаврентьев<sup>9</sup>, П.В.Куренков<sup>10</sup>, С.Г. Ясев<sup>11</sup>, А.В. Самвелов<sup>11</sup>

R.O.Kondratenko, S.V.Semyonov, S.B.Nesterov, A.I.Holopkin, Yu.A.Terentyev,  
V.V.Koledov, G.G.Malinezki, B.V.Drozдов, V.M.Osipov, V.V.Tochilo, P.S.Brazhnik,  
T.A.Zimenkova, M.A.Sysoev, V.G.Shavrov, A.I.Lavrentiev, P.V.Kurenkov, S.G.Yasev,  
A.V.Samvelov

<sup>1</sup> РНТВО им. академика С.А. Векшинского, г. Москва

<sup>2</sup> Институт радиотехники и электроники им. В.А.Котельникова РАН, г. Москва

<sup>3</sup> Институт прикладной математики имени М.В.Келдыша РАН (ИПМ РАН), Г. Москва

<sup>4</sup> Российский Университет Дружбы Народов (РУДН)

<sup>5</sup> ООО «НПЦ «Криогенная энергетика»

<sup>6</sup> Национальный исследовательский центр " Курчатовский институт", г. Москва

<sup>7</sup> Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I,  
г. Санкт-Петербург

<sup>8</sup> МГТУ им. Н.Э.Баумана, г. Москва.

<sup>9</sup> ЗАО «Кинетик», г. Москва.

<sup>10</sup> РУТ МИИТ, г. Москва.

<sup>11</sup> АО «ОКБ «АСТРОН», г. Лыткарино, МО

*В статье представлена вакуумно-левитационная конвейерная линия (ВЛКЛ) для транспортировки почтовых грузов на средние и дальние расстояния. Обосновываются, на основе традиционных представлений, её технические характеристики, сферы применения, приводится обобщенный план реализации проекта ВЛКЛ.*

*The article presents the vacuum-levitation conveyor line (VLCL) for transportation of postal goods over medium and long distances. Its technical characteristics, scope, a generalized plan of VLCL project implementation are given.*

Ключевые слова: почта, конвейер, груз, транспортировка, вакуум, левитация

Key words: mail, conveyor, cargo, transportation, vacuum, levitation

### ВВЕДЕНИЕ

Почтовая доставка будущего должна быть полностью автоматизированной, энергоэффективной, быстрой, а также иметь высокую **провозную способность** (способность перевезти определённое количество грузов по одной полосе движения в единицу времени).

Далее рассматривается вакуумно-левитационная конвейерная линия (ВЛКЛ) для перевозки почтовых грузов на средние и дальние расстояния (таблица 1), которая является разновидностью наземного рельсового транспорта. Габариты ВЛКЛ могут выгодно отличаться в зависимости от ниши использования (таблица 2).

Таблица 1.

Характеристики ВЛКЛ			
Характеристики ВЛКЛ	ВЛКЛ-1	ВЛКЛ-2	ВЛКЛ-3
Длина вакуумно-левитационной конвейерной линии, км	40	100	1000
Ускорение при разгоне, м/с <sup>2</sup>	1	1	1
Максимальная скорость транспортировки, км/ч	720	1000	1000
Время транспортировки капсулы с грузом, мин	7	11	65
Время автоматизированной загрузки почтового отправления в капсулу для транспортировки не более, с	5	5	5
Время автоматизированной выгрузки почтового отправления из капсулы не более, с	5	5	5
Тип грузонесущего органа	Магнитолевитационное полотно		

Таблица 2.

Ниши использования ВЛКЛ				
Версии грузовой ВЛТС	Вес груза	Габариты груза	Диаметр трубопровода	Ускорение, м/с <sup>2</sup>
Перевозки малогабаритных грузов	До 1кг	Менее 530x360x220 мм	До 0,5 м	1,7 м/с <sup>2</sup> и более
Перевозки почтовых отправлений	До 10 кг	Размер посылки 530x360x220 мм	0,5-1,5 м	1-1,7 м/с <sup>2</sup>
Перевозки крупногабаритных грузов	До 1000 кг	В грузовую капсулу должны помещаться стандартные поддоны, габариты груза 1200x800x1000 мм	1,5-3 м	1 м/с <sup>2</sup> и менее

Далее будет рассматриваться ВЛКЛ для перевозки почтовых отправлений весом до 10 кг и размером посылки 530x360x220 мм, как наиболее оптимальная с точки зрения габаритов и растущих потребностей в пересылке таких почтовых отправлений (диаметр ГВЛТС от 0,5 до 1,5 м, ускорение от 1 до 1,7 м/с<sup>2</sup>).

Преимуществом ВЛКЛ транспортировки почтовых грузов является возможность организации полностью автоматизированной сети конвейерных линий по доставке грузов как между городами, так и с сопряженными странами, а также экологичность и энергоэффективность, сокращение стоимости и времени доставки почтовых отправлений.

Принципиальным отличием ВЛКЛ является отсутствие трения и движущихся частей в грузонесущем органе (используется система левитации), а также существенное снижение лобового сопротивления при движении грузовой капсулы (используется вакуумный трубопровод с разреженным воздухом).

## **ОПИСАНИЕ СИСТЕМЫ МАГНИТНОЙ ЛЕВИТАЦИИ ВЛКЛ**

Используемый ВЛКЛ принцип магнитной левитации предполагает наличие магнитолевитационного пути и грузовой капсулы, а также применение хладагента и электроэнергии в качестве энергоносителей для обеспечения левитации и тяги (рис.1).

Основание грузонесущего органа ВЛКЛ включает бесконечно длинный ненасыщенный ( $\mu\text{Fe} \rightarrow \infty$ ) ферромагнитный магнитопровод, через который замыкается магнитное поле одного или нескольких постоянных магнитов (ПМ), расположенных на нем и разделенных проставками из немагнитного материала.

Над поверхностью ПМ левитирует грузовая капсула с высокотемпературными сверхпроводниковыми (ВТСП) элементами. Расчет электромагнитных полей и сил левитации в подобных магнитных ВТСП опорах, в значительной степени определяемых их конфигурацией и сводится к решению обобщенной задачи Неймана – Дирихле.

При этом используются следующие допущения. Считается, что длина основания магнитного подвеса много больше его поперечных размеров, что позволяет перейти к двумерной постановке соответствующих электродинамических задач.

Сотрудниками МАИ [2,3] были проведены необходимые обосновывающие расчётно-теоретические и экспериментальные работы, созданы методики расчёта и реальные образцы действующих моделей атмосферного магнито-левитационного транспорта (Рис.1 справа). Данные решения возможно использовать для грузонесущего органа ВЛКЛ.

В работе [8] было получено экспериментальное подтверждение приемлемого соответствия результатов закону аддитивности отдельных составляющих площади рабочей поверхности левитирующей ВТСП капсулы, при её взаимодействии с магнитолевитационным полотном. Это даёт хорошие перспективы прямого масштабирования и переноса экспериментальных результатов, полученных на малогабаритных моделях ВЛКЛ, на более габаритные и презентабельные макеты следующего поколения.



Рис. 1. Один из макетов ВЛКЛ на входе в вакуумную оболочку (слева) и магнитный ВТСП подвес грузоподъемностью 500 кг (справа) [3].

## **ОПИСАНИЕ ВАКУУМНОГО ТРУБОПРОВОДА ВЛКЛ**

Разреженная среда, необходимая для снижения лобового сопротивления грузовой капсулы ВЛКЛ требует создания вакуумного трубопровода с давлением 10-100 Па [1,4].

Возможно, что давление в этом диапазоне будет варьироваться для разных ниш применения ГВЛТС и для разных режимов работы. Это может быть обоснованным решением с экономической точки зрения.

Приведем первичные данные по энергозатратам на создание и поддержание вакуума в ВЛКЛ для почтовых отправок с указанием необходимого количества насосов. Рабочее давление в вакуумной камере 10 Па, в качестве первичного насоса был взят LEYVAC LV 250 с быстротой действия 250 м<sup>3</sup>/ч и предельным давлением 1 Па.

Таблица 3.

Энергозатраты на создание и поддержание вакуума

Диаметр трубопровода, м	Время откачки t, ч	Количество насосов на 1000 км для создания вакуума в 10 Па, шт	Максимальная потребляемая мощность насоса, кВт	Потребляемая мощность при минимальном остаточном давлении, кВт	Быстрота действия насоса, м <sup>3</sup> /ч	Энергозатраты создания вакуума в 10 Па на 1000 км пути, кВт·ч (за двое, трое)	Энергозатраты поддержания вакуума в 10 Па на 1000 км пути, кВт·ч (в сутки)
0,5	24	306	7,5	3,6	250	55 080	5000
0,5	48	153	7,5	3,6	250	55 080	5000
0,5	72	102	7,5	3,6	250	55 080	5000
1	24	1222	7,5	3,6	250	219 960	5000
1	48	612	7,5	3,6	250	220 320	5000
1	72	408	7,5	3,6	250	220 320	5000
1,5	24	2750	7,5	3,6	250	495 000	5000
1,5	48	1375	7,5	3,6	250	495 000	5000
1,5	72	917	7,5	3,6	250	495 180	5000

Как видно из таблицы 3 вакуумный трубопровод диаметром 1 м и длиной 1000 км при откачке до 10 Па потребует разово 219 960 кВт·ч энергии за 24 часа откачки, а при достижении давления в 10 Па на его поддержание будет уходить около 5000 кВт·ч в сутки. Для сравнения можно заметить, средняя американская семья потребляет в сутки 30 кВт·ч электроэнергии. Т.е. на создание разрежения в вакуумном трубопроводе диаметром 1 м и длиной в 1000 км разово понадобится электроэнергия поселка с населением до 8000 чел., а на поддержание работы малогабаритной ГВЛТС потребуются в сутки столько электроэнергии, сколько потребляют 200 человек.

Приведем основные элементы конструкции вакуумного трубопровода ВЛКЛ с расположенным внутри магнитолевитационным полотном (рис.2).

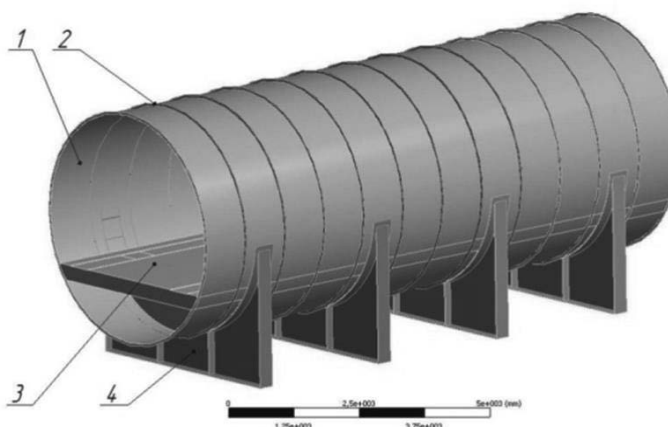


Рис.2. Общий вид секции вакуумного трубопровода.

1 – обечайка цилиндрическая; 2 – поперечные ребра жесткости; 3 – магнитолевитационное полотно; 4 – опора обечайки вакуумного трубопровода.

Опоры вакуумного трубопровода устанавливаются на ортотропную плиту или продольные балки. Ортотропная плита монтируется на ригель, а ригель в свою очередь установлен на сваях. Сваи монтируются в грунт.

Один из возможных вариантов компоновки основной строительной ячейки вакуумного трубопровода ВЛКЛ представлен на рис. 3.

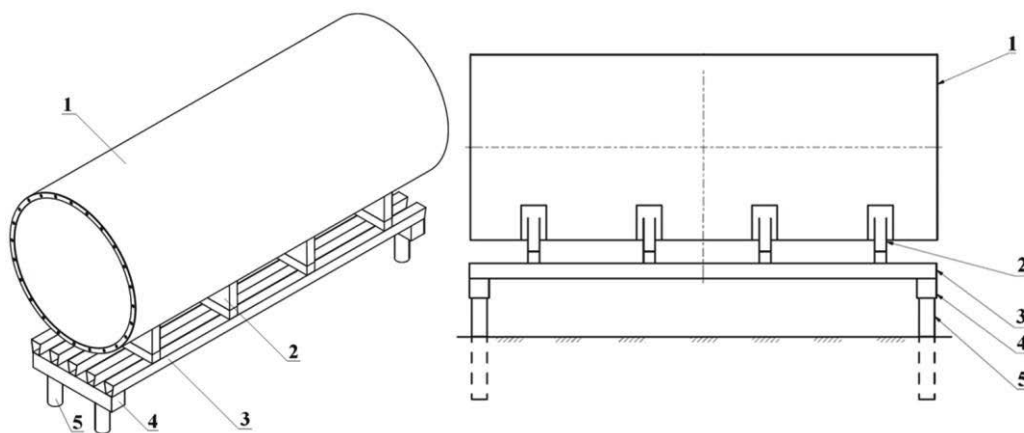


Рис.3. Способ компоновки основной строительной ячейки вакуумного трубопровода ВЛКЛ. 1 – вакуумный трубопровод; 2 – опора вакуумного трубопровода; 3 – продольные балки либо ортотропная плита; 4 – ригель; 5 – сваи.

### СКОРОСТЬ, УСКОРЕНИЕ, ПРОПУСКНАЯ И ПРОВОЗНАЯ СПОСОБНОСТЬ ВЛКЛ

Оптимальное ускорение и рабочая скорость грузовой капсулы ВЛКЛ подбирается с учетом экономических требований к провозной способности системы, а также требований к перевозке груза, энергопотребления и пропускной способности.

Если для грузовой капсулы принять высокое ускорение, например, реализуемое реактивным самолетом ( $a=1,7 \text{ м/с}^2$ ), то для разгона левитационной капсулы в вакуумной среде до 1000 км/ч потребуется расстояние в 23 км и 163 секунд. Если принять ускорение поезда ( $a=1 \text{ м/с}^2$ ), то для разгона потребуется расстояние в 38,6 км и 276 секунд. Как видно, разница при дальних перевозках не большая, поэтому груз можно разгонять плавно во избежание его повреждения.

Чтобы определить оптимальную рабочую скорость транспортировки грузов по ВЛКЛ надо определить результирующую пропускную способность всех элементов системы. Она равна наименьшей пропускной способности одного из элементов системы: перегона, погрузочно-разгрузочного пункта, поста с подъездными путями, площадками для маневрирования, складскими помещениями.

При этом бесполезно повышать скорость на перегоне, если пропускная способность перегона выше, чем все остальные пропускные способности почтовой системы. В этом случае грузовые капсулы после перегона будут скапливаться в погрузочно-разгрузочном пункте или в poste с подъездными путями или на площадках маневрирования или сам груз будет скапливаться у входа в складское помещение.

Таким образом, **только в случае полной автоматизации** всех погрузочно-разгрузочных пунктов, постов, маневровых площадок и складов почтовой системы, когда их пропускная способность будет выше пропускной способности самого перегона между пунктом А и В, можно будет в полной мере реализовать скоростные характеристики данной системы. До этого момента наращивать пропускную способность ВЛКЛ можно постепенно.

Рассмотрим пропускную способность перегона. Она тесно связана со скоростью сообщения. При росте скорости  $V$  растет и путь торможения  $L$  грузовой капсулы. Поэтому

возрастает и безопасное расстояние между капсулами с минимального  $L_{min}$  до предельного значения  $L_{max}$  (рис.4).

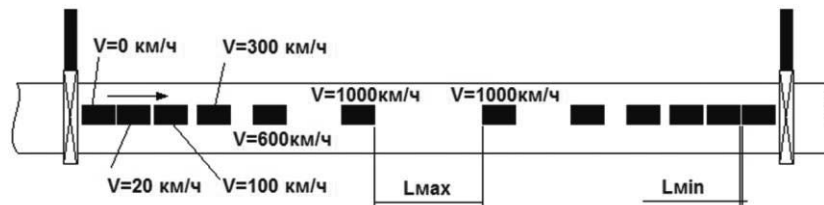


Рис. 4. Перегон отдельных грузовых капсул по ВЛКЛ.

В результате при росте скоростей движения уменьшается частота следования грузовых капсул  $\nu=V/L$ . Вместе с этим сокращается пропускная способность погрузочно-разгрузочного пункта и провозная способность ВЛКЛ. Выход здесь есть – пускать грузовые капсулы в сцепке по несколько штук.

С научной точки зрения, рабочая скорость должна быть либо ниже скорости звука, либо выше ее, поскольку при околосвуковых скоростях начинается волновой кризис, сопровождающийся ростом лобового сопротивления, появлением вибраций и др. (эти скорости зависят от аэродинамических характеристик поезда и от степени разрежения в вакуумном трубопроводе).

При давлении в вакуумном трубопроводе  $P=10$  Па скорость звука будет составлять около 1000 км/ч, что существенно меньше, чем при 1 атм. (1224 км/ч), в частности, из-за отсутствия паров воды.

Из этих соображений можно выделить две ВЛКЛ, имеющие существенные различия:

- **Дозвуковая ВЛКЛ** (до 1000 км/ч). Требуется меньших вложений, рабочая скорость будет сопоставима со скоростью гражданской авиации (800-900 км/ч).
- **Сверхзвуковая ВЛКЛ** (>1000 км/ч). Переход с дозвуковой скорости на сверхзвуковую должен выполняться настолько возможно быстрее, возможно, с использованием «форсажа» двигателя, как в авиации, чтобы избежать длительной поездки в зоне волнового кризиса. Такой вариант исполнения потребует больших вложений как в устройство грузовой капсулы, так и в устройство вакуумного трубопровода.

С учётом вышесказанного выгоднее в начале разрабатывать **дозвуковую** ВЛКЛ.

## ФУНКЦИОНИРОВАНИЕ ВЛКЛ

Одной из главных задач при построении ВЛКЛ является экономия при строительных работах, безопасность, надежность и равенство пропускной способности перегона между пунктом А и Б и погрузочно-разгрузочным пунктом.

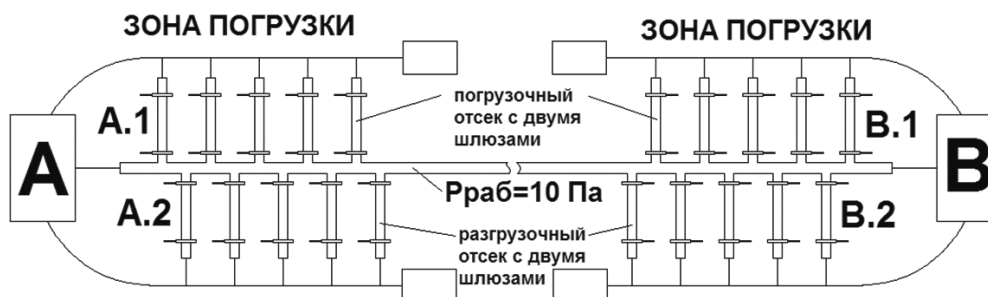


Рис.5. Схема транспортного коридора ГВЛТС.

Для первой тестовой ВЛКЛ возможно построить только один трубопровод, диаметром 0,5 м или меньше, который будет работать в циклическом режиме в обе стороны

(Рис.5.). Минимальное количество погрузочно-разгрузочных отсеков – 4. Схема работы ВЛКЛ следующая:

1. В пункте А открывается автоматический шлюз и подготовленные грузовые капсулы из предварительно откачанного погрузочного отсека А.1. отправляются в перегон А-В. Грузовые капсулы могут иметь сцепку между собой или могут поддерживать постоянное минимальное расстояние в автоматическом режиме. По приезду в пункт В состав из грузовых капсул может при необходимости быть расформирован и направлен в разные свободные разгрузочные отсеки В.2 ... В.і.
2. Пока грузовые капсулы из пункта А переправляются в пункт В, в пункте В автоматически загружаются новые грузовые капсулы в погрузочный отсек В.1., закрывается шлюз со стороны загрузки и отсек откачивается до рабочего давления, равного давлению в вакуумном трубопроводе перегона А-В (шлюз отсека В.1. со стороны перегона А-В закрыт).
3. В это же время шлюз в погрузочном отсеке А.1. закрывается и начинается процесс его разгерметизации до атмосферного давления с последующим открытием со стороны загрузки.
4. По прибытии в пункт В грузовых капсул из погрузочного отсека А.1. их направляют в свободный разгрузочный отсек В.2. с предварительно открытым шлюзом со стороны перегона А-В.
5. Шлюз отсека В.2. перекрывает доступ к перегону А-В и начинается процесс разгерметизации до атмосферного давления с последующим открытием шлюза со стороны разгрузки.
6. Во время закрытия разгрузочного отсека В.2., открывается погрузочный отсек В.1. Его грузовые капсулы направляются в перегон А-В по направлению к свободному разгрузочному отсеку А.2. В разгрузочном отсеке А.2. открывается шлюз со стороны перегона А-В.
7. В это время в погрузочный отсек А.1. автоматически загружаются новые подготовленные грузовые капсулы, после чего шлюз со стороны загрузки закрывается и начинается процесс откачки до рабочего давления перегона А-В.
8. Грузовые капсулы с погрузочного отсека В.1. приезжают в разгрузочный отсек А.2.
9. Шлюз разгрузочного отсека А.2. закрывается со стороны перегона А-В, начинается процесс разгерметизации до атмосферного давления. После открывается шлюз со стороны разгрузки.
10. Далее по п.1.

### **СУЩЕСТВУЮЩИЕ И СТРОЯЩИЕСЯ ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ТРАНСПОРТНЫЕ КОРИДОРЫ, РЯДОМ С КОТОРЫМИ МОЖЕТ УСТАНОВЛИВАТЬСЯ ПОЧТОВАЯ ВЛКЛ**

Интересы Китая в продвигаемой им масштабной стратегии «Нового шёлкового пути» крайне многообразны. Новые транспортные коридоры должны сократить сроки перевозки грузов из Китая в Европу с нынешних 45—60 сут. морским путём до 10—13 сут. сухопутным путём. Это позволит существенно оптимизировать поставки и удешевить многие китайские товары, укрепить положение Китая на европейских и азиатских рынках, а также занять новые рынки в Африке и на Ближнем Востоке.

Для России главный минус модернизации трансконтинентальной трассы через Казахстан состоит в том, что при этом снизится интерес перевозчиков к транссибирскому транзитному каналу, который уже сегодня теряет очки в соревновании с ней, страдая целым рядом застарелых пороков: наличие узких мест, малая грузовая скорость, завышенные тарифы и др. А далее подобное развитие событий отрицательно скажется на наших планах возрождения Сибири и Дальнего Востока [5].

Правда, в провинции Хэйлунцзян закончилось строительство [6] железнодорожных линий от Харбина к Трансибу и БАМу через Маньчжурию, Тунцзян и

Суйфэньхэ (что, кстати, также подается как реализация концепции Шелкового пути) с расчетом на товарные потоки из различных провинций Китая.

Также Китай предлагает инвестировать в реконструкцию КПП "Забайкальск–Маньчжурия" [7].

Поэтому, по части возможных международных маршрутов для системы ВЛКЛ следует обратить внимание на “шелковый путь”, в том числе и по северному направлению (БАМ, ТРАССИБ) (рис.6).

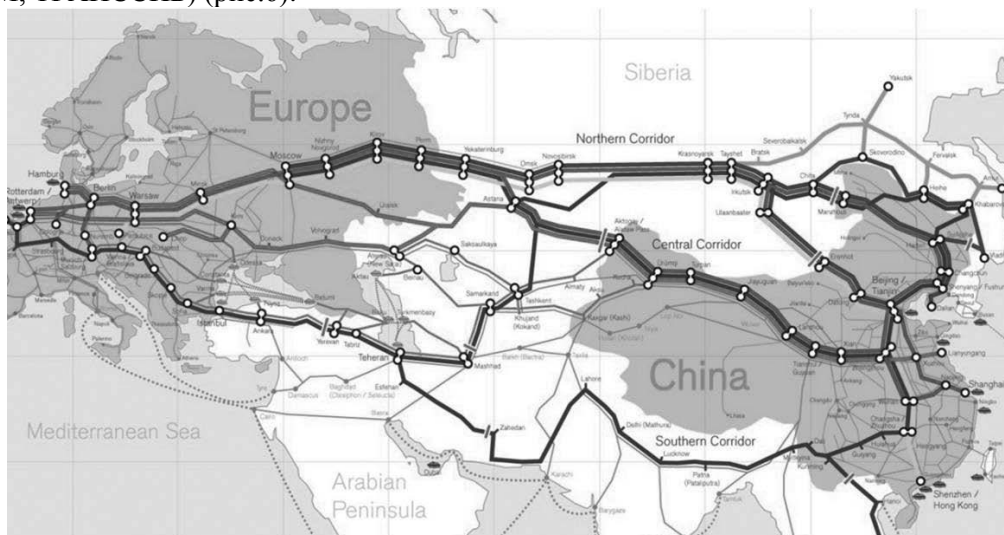


Рис.6. Транспортные коридоры из Китая в Европу.

### **ОБОБЩЕННЫЙ ПЛАН РЕАЛИЗАЦИИ ПРОЕКТА ВЛКЛ**

**1 этап.** Решение принципиальных научных, технических задач по проекту, подготовка научно-технической базы (большинство принципиальных задач решено):

- задача создания магнитолевитационного подвеса для ВЛКЛ;
- задача об эффективной откатке вакуумного трубопровода ВЛКЛ;
- подбор конструкций вакуумного трубопровода;
- обеспечение устойчивости левитирующей грузовой капсулы ВЛКЛ;
- обеспечение герметичности грузовой капсулы;
- подбор легких и прочных материалов, конструкций для создания грузовой капсулы;
- обеспечение быстрой укладки вакуумного трубопровода ВЛКЛ;
- обеспечение устойчивости вакуумного трубопровода ВЛКЛ;
- подбор изолирующих систем вакуумного трубопровода;
- задача исключения вакуумного пробоя;
- системы обеспечения безопасности ВЛКЛ.

**2 этап.** Создание прототипа ВЛКЛ (часть 2 этапа реализована):

- создание прототипа системы магнитной левитации;
- создание прототипа ВЛКЛ и её основных узлов;
- исследование аэродинамических характеристик прототипа грузовой капсулы ВЛКЛ;
- исследование основных теплофизических характеристик прототипа грузовой капсулы ВЛКЛ;
- исследование герметичности прототипа грузовой капсулы ВЛКЛ;
- исследование прототипа грузовой капсулы ВЛКЛ в условиях механических нагрузок, включая акустические;

**3 этап.** Строительство опытного участка ВЛКЛ длиной в 8 км, проведение натуральных испытаний (не реализовано)

**4 этап.** Строительство рабочей ВЛКЛ (не реализовано)



## **ВЫВОДЫ**

- наиболее интересна для реализации ВЛКЛ для перевозки почтовых отправок весом до 10 кг и размером посылки 530x360x220 мм; (диаметр ВЛКЛ от 0,5 до 1,5 м, ускорение от 1 до 1,7 м/с<sup>2</sup>). В статье показано, что ее вакуумная часть является очень экономичной;

- выгоднее в начале разрабатывать дозвуковую ВЛКЛ;

- для увеличения пропускной и провозной способности возможно пускать грузовые капсулы в сцепке по несколько штук;

- для первой тестовой линии возможно построить только один трубопровод, диаметром 0,5 м или меньше, который будет работать в циклическом режиме в обе стороны. Минимальное количество погрузочно-разгрузочных отсеков – 4 (вывод сделан на основе схемы транспортного коридора ВЛКЛ и описания ее работы);

- по части возможных международных маршрутов для системы ВЛКЛ следует обратить внимание на “шелковый путь”, в том числе и по северному направлению (БАМ, ТРАССИБ).

## **ЛИТЕРАТУРА**

1. Р.О. Кондратенко, С.Б. Нестеров, А.Н. Белоконев, А.И. Холопкин. Перспективы и научные решения для создания вакуумно-левитационных транспортных систем // Вакуумно-левитационные транспортные системы: научная основа, технологии и перспективы для железнодорожного транспорта – М. : ООО «РАС», 2017. с. 93 – 123

2. Ковалёв Л.К., Ковалёв К.Л., Конеев С.М.-А, Пенкин В.Т., Полтавец В.Н., Ильясов Р.И. Магнитные подвесы с использованием объёмных ВТСП элементов. //Электронный журнал «Труды МАИ», Выпуск №38

3. Л.К. Ковалёв, С.М. Конеев, В.Н. Полтавец, М.В. Гончаров, Р.И. Ильясов, Д.С. Дежин. Электрические машины и устройства на основе массивных высокотемпературных сверхпроводников / Под ред. Л. К. Ковалёва., К. Л. Ковалёва, С.М.-А. Конеева .- М.: ФИЗМАТЛИТ, 2010. – 396 с

4. Фомин В.М., Звегинцев В.И., Наливайченко Д.Г., Терентьев Ю.А. Вакуумный магнитолевитационный транспорт: поиск оптимальных рабочих параметров// Транспортные системы и технологии. 2016, вып.(3)5. <http://www.transssyst.ru/4-razdel1-2-Fomin.html>

5. Россия на новом шелковом пути. 2015. URL. [http://www.ng.ru/dipkurer/2015-03-16/9\\_silkroad.html](http://www.ng.ru/dipkurer/2015-03-16/9_silkroad.html) (дата обращения 03.08.2018)

6. Китай запустил грузовой железнодорожный маршрут Харбин — Гамбург. 2015. URL. <https://www.rbc.ru/rbcfreenews/557ccdf49a79476298666da9> (дата обращения 01.08.2018)

7. Китай предлагает инвестировать в реконструкцию КПП "Забайкальск–Маньчжурия". 2017. URL. <https://ria.ru/economy/20170413/1492135490.html> (дата обращения 03.08.2018)

8. Терентьев Ю.А., Филимонов В.В., Шавров В.Г. и др. Текущее состояние и перспективы развития интегральной транзитной транспортной системы (ИТТС) России на базе вакуумного магнитного левитационного транспорта (ВМЛТ) // Транспортные системы и технологии. – 2019. – Т. 5. – № 4. – С. 25–62. doi: 10.17816/transssyst20195425-62