



поїздах видобувної промисловості та інших галузях промисловості, що робиться в сусідніх з Україною країнах для розвитку транспортних шляхів, а також як розвиваються транспортні засоби. До потреб необхідно бути готовим при проектуванні, що передбачає міжнародне співробітництво. На підставі індивідуальних рішень по шахтам уточнюються транспортні потреби, при цьому більш детальні потреби проектування і реалізації можуть бути запрограмовані. У регіональному плануванні повинні бути враховані перспективи майбутніх потреб.

ЛІТЕРАТУРА

1. Аналітики компанії «Ernst & Young» Гірничовидобувна промисловість України //Український бізнес ресурс [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://ubr.ua/market/industrial/prognoz-dlia-gornodobyvaushei-otrasli-ukrainy-na-2013-god-200535>
2. Освітньо – науково – виробничий портал "Рудана" [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.rudana.in.ua/1.1.htm>
3. Галкин В.И. Проблемы совершенствования транспортных систем в горной промышленности / В.И. Галкин, Е.Е. Шешко // Горный информ.– аналитич. бюл . – 2011. –№1 – с.485 – 507.
4. Transport needs the mining industry // Summary report of the working group of the Transport Agency [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://julkaisut.liikennevirasto.fi/pdf3/ls_2013-04

УДК 629.7.07

ПЕРСПЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МЕЖПЛАНЕТНОЙ ТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЫ В МИРЕ НА ДАННОМ ЭТАПЕ РАЗВИТИЯ НАУКИ И ТЕХНИКИ

С.С. Малтыз¹

¹студент кафедры проектирования и конструкций летательных аппаратов, Государственное высшее учебное заведение «Днепропетровский национальный университет имени Олеся Гончара», г. Днепр, Украина, e-mail: stanislav.maltyz@gmail.com

Аннотация. В работе проведено теоретическое исследование межпланетной транспортной системы, как перспективного проекта для создания космической транспортной системы. Используя описанный подход к решению задачи транспортных космических систем, можно определить сложность осуществления на практике проекта межпланетной транспортной системы, спрогнозировать от чего зависит развитие этой темы в будущем, также определить проблематику проекта для более успешной разработки межпланетных транспортных систем, что в свою очередь приведет к коммерциализации сравнительно дальнего космоса и развития космических транспортных систем.

Ключевые слова: межпланетная космическая транспортная система, космический корабль, сравнительно дальний космос, реверс.



THE PROSPECTS OF USING THE INTERPLANETARY TRANSPORT SYSTEM IN THE WORLD AT THIS STAGE IN THE DEVELOPMENT OF SCIENCE AND TECHNOLOGY

Stanislav Maltz¹

¹Student of the Department of Design and Constructions of Aircrafts, State Higher Educational Institution "Dneprovsky National University named after Oles Honchar", Dnipro, Ukraine, e-mail: Stanislav.maltz@mail.ru

Abstract. The theoretical study of the interplanetary transport system is carried out as a promising project for the creation of a space transportation system. Using the described approach to solving the problem of transport space systems, it is possible to determine the complexity of implementing the interplanetary transport system in practice, to predict the development of this topic in the future, and also to identify the project problems for more successful development of interplanetary transport systems, which in its the turn will lead to the commercialization of relatively far outer space and the development of space transportation systems.

Keywords: interplanetary transport system, space ship, comparatively distant space.

Введение. Покорение космоса, начавшееся в пятидесятые годы прошлого века, стало одной из технологий в решении ряда практических и научных задач. С развитием технологий и науки в целом возникли новые задачи, решение которых привело к потребности реализации транспортных космических систем (ТКС). Сначала, за цель ТКС брали исследование орбиты Земли, позже с развитием техники ТКС могли налаживать постоянные маршруты со спутником Земли – Луной, тоже лишь в исследовательских целях. Теперь, в наше время, техническое развитие и возможности отдельных стран и корпораций позволяет разрабатывать проекты, которые в ближайшем будущем будут способны осуществить значительный шаг в развитии ТКС, создав межпланетную ТКС (МТКС) которая проложит маршрут к наиболее перспективной планете на это время. Поэтому из ближайших планет именно Марс есть, самой оптимальная планета по многим параметрам, из которых основными можно назвать относительно благоприятный температурный режим, оптимальное расположение орбиты, возможность высадки на поверхность. К примеру, страна или корпорация, которая осуществит первая МТКС, получит возможность исследовать, а со временем и колонизировать планету с целью выработки полезных ископаемых и проведения проектов связанных с терраформированием. Потому создание МТКС повысит возможности и влияние человечества в ближнем космосе, а также несомненно даст толчок в научно-техническом развитии, так как технологии и исследования которые станут доступны с созданием МТКС, смогут решить немало проблем, с которыми сталкивается человек уже сегодня.



Цель работы. Цель данного исследования рассмотреть есть ли перспектива межпланетных космических транспортных систем на данном этапе развития науки и техники в области создания космических транспортных систем. Рассмотреть наиболее перспективные проекты МТКС для определения негативных и позитивных сторон этого вопроса. Предложить наиболее перспективный вариант с минимизированными негативными аспектами, которые возникают при использовании МТКС на примере проектных наработок в этом направлении и реального опыта некоторых стран в беспилотных миссиях на Марс. А также указать в каких областях должна вестись работа по развитию МТКС

Материалы и результаты исследований. Для исследования этого вопроса были использованы теоретические наработки и данные по реальным проектам, которые эксплуатируются.

Для налаживания полноценной МТКС, нужно чтобы транспортировка осуществлялась в реверсном режиме. Сейчас не рассматривается вариант с реверсной МТКС. Исследования в наше время направлены на полеты людей и техники в один конец. Данное исследование имеет цель доказать возможность реверсных полетов на данном этапе развития технологий, так как реверсные полеты логическое продолжение полетов в один конец. А также доказать осуществимость данной цели на основе информации из этого исследования. Для этого исследования актуальна траектория «Земля-Марс-Земля».

Основными проблемами в этом направлении есть создание усовершенствованной концепции космического аппарата и выбор новых ракетных двигателей и новых энергоблоков. Условием исследования был принят принцип использования для проектирования техники и технологий либо существующих, либо «предвидимых». Под предвидимыми технологиями понимались технические решения, в возможности практической реализации которых никто не сомневается. Все же строить корабль на орбите, или нет больше таки вопрос размера корабля, и если корабль достаточно велик, то для постройки потребуется много ресурсов, как техногенного характера, так и человеческого. Я предлагаю не строить КК с термохимическим РН на орбите из-за ряда причин, таких как: высокая стоимость доставки материалов и компонентов, ограниченные технические и человеческие ресурсы (так как кроме МКС никакой инфраструктуры там нет, а использование МКС не даст необходимого эффекта), сборка происходит в неблагоприятной среде с повышенным фоном радиоактивного излучения и вакууме и при тп. негативных эффектах которые имеются в космосе. Даже если и не обойтись без постройки модулей на орбите, то нужно как можно больше ее ограничить. По

моему мнению, постройка термохимического РН на орбите не слишком рациональна, а его реализация занимает слишком много времени. Потому что в космосе не существует инфраструктуры, которая могла бы обеспечить данное строительство качественно и за разумные сроки. Поэтому нужно применить новый подход. Он заключается в том, что для этой миссии нужно минимизировать использование ракетных двигателей жидкого и твердого топлива потому что, в наше время достигнуты максимальные энергетические возможности их использования. Еще я думаю, что более рационально строить КК в большей части (насколько это возможно) на поверхности нашей планеты, а не на орбите. А если без строительства на орбите не обойтись, то нужно минимизировать человеческое присутствие при этом, и реализовать сборку с готовых модулей. Но для подъема КК с поверхности планеты потребуется много энергии, и мощные двигатели, а также нужен мощный энергоблок для обеспечения КК достаточным количеством энергии. Сначала предлагаю подробно рассмотреть усовершенствованную концепцию космического аппарата.

Для межпланетных перелетов более удачно подходят две концепции:

1. Создание космического корабля (КК), который сможет осуществлять межпланетные перелеты с возможностью посадки на планеты и их спутники. Модификацией этого варианта, может быть КК с челночной системой.
2. Создание космической станции, которая будет курсировать между планетами. В космической станции (КС) должна быть развита челночная система для высадки экипажа и техники на планету.

Можно использовать между планетами дополнительные модули или модуль, чтобы объединить положительные качества КК и КС. Предполагается сделать модуль, который можно будет оставлять на орбите, чтобы КК смог войти в атмосферу планеты или спутника. Например, на КС могут быть размещены жилые модули с искусственной гравитацией и энергоотсеки, для работы которых требуется гравитация. А также КС подходит для размещения емких энергоносителей (солнечные батареи), с которыми посадка корабля на планету не эргономическая или невозможна. Также КС можно использовать как модуль на орбите для установки качественной связи с Землей, или как запасной канал связи, предполагается, что КС при высадке экипажа будет действовать в автоматическом режиме. В этом подходе, прежде всего, нужно рассмотреть вопрос, который будет касаться высоты орбиты, на которой нужно будет оставить КС. Также в расчет нужно брать траектории спутников Марса – Фобоса и Деймоса, если будет принято решение оставить КС, на орбите которая будет иметь меньшие показатели расстояния к марсу чем расстояние Деймоса. Но скорость в этой КС будет

малая раз мы оставляем ее на орбите, и она будет зависеть от многих факторов и на каждой планете будет разная, а значит и не постоянная. Например, одной из оптимальных орбит для расположения КС, на орбите Марса будет геосинхронная орбита (на Марсе радиус геосинхронной орбиты равен 17031,3 км., а скорость тела на ней 1,207 км/с.). Геосинхронная орбита является оптимальной по многим параметрам, среди них это наладка постоянного и стабильного канала связи, эргономичность орбиты с точки зрения как КК так и КС и т.д. На основе этих данных можно сделать вывод, что на какой бы орбите мы не начинали возвращение на Землю понадобится много энергии так как, для Марса вторая космическая скорость становится 5,027 км/с. (первая – 3,6 км/с.).

Требования для пилотируемых межпланетных путешествий

• **Жизнеобеспечение**

Системы жизнеобеспечения межпланетного корабля должны быть в состоянии поддерживать жизнь пассажиров на протяжении многих недель, месяцев или даже нескольких лет. Потребуется стабильная, пригодная для дыхания атмосфера с давлением не ниже 35 кПа (5пси), всегда содержащая достаточное количество кислорода, азота и контролируемая по уровням углекислого газа, остаточных газов, паров воды и загрязнений.

• **Радиация**

Как только транспортное средство покинет околоземную орбиту и защитную земную магнитосферу, она пролетит через радиационный пояс Ван Аллена, регион с высоким уровнем радиации. Затем последует длительный перелет в межпланетной среде, с высоким фоном космических лучей высокой энергии, которые представляют угрозу для здоровья, а также нерегулярными солнечными вспышками, которые создают кратковременный повышенный уровень радиации. Это может повышать опасность для жизни человека и осложнять размножение после нескольких лет полета.

Как один из вариантов рассматривается система жизнеобеспечения, в которой питьевая вода для экипажа обедняется по содержанию дейтерия (стабильного изотопа водорода). Предварительные исследования показали, что вода, обедненная дейтерием может иметь ряд противораковых эффектов и несколько снизить потенциальные риски рака, вызванного высоким радиационным облучением марсианского экипажа. Плохо предсказуемые выбросы корональной массы от Солнца очень опасны для совершающих перелет, так как они создают высокие уровни радиации, близкие к летальному уровню за небольшой срок. Для их ослабления потребуется применение массивных щитов, защищающих экипаж. По данным масса радиационной защиты космического межпланетного корабля, которая удовлетворяет требованиям радиационной безопасности для персонала

наземных ядернотехнических установок, при продолжительности полёта 2-3 года должна составит тысячи тонн. Поэтому для защиты космонавтов (на околоземных орбитах) используют комплекс инженерно-технических и медицинских методов - уменьшают высоту полёта станций (хотя это требует значительного увеличения расхода топлива из-за торможения верхними слоями атмосферы); используют оборудование, запасы воды, продуктов, топлива и др. в качестве экранов, и т.п. Но самым оптимальным и эффективным, хоть и экспериментальным образцом, является создание искусственной магнитосферы на КС или КК.

- **Надежность**

Какие-либо серьезные сбои космического корабля во время перелета, скорее всего, станут смертельными для экипажа. Даже незначительные поломки могут приводить к опасным последствиям, если они не будут быстро исправлены. А быстрый ремонт может быть затруднительным в открытом космосе.

- **Окно запуска**

Из-за особенностей орбитальной механики и [астродинамики](#), экономичные космические перелеты к другим планетам практически достижимы лишь в [определенные интервалы времени](#), в случае некоторых планет и траекторий эти интервалы непродолжительны и появляются лишь раз в несколько лет. Вне подобных «окон» планеты остаются недоступными для человечества по энергетическим причинам (потребуется значительно менее экономные орбиты, большие количества топлива и более мощные двигатели). Из-за этого могут быть ограничены как частота полётов, так и возможности запуска миссий спасения.

А в постройке жилого модуля может помочь теоретические наработки из проектов, как «колония О'Нейла», «Стэндфордский тор», «Сфера Бернала». Создание искусственной силы тяжести считается желательным для долгосрочных космических путешествий (и вообще для пребывания в космосе) с целью создания физиологически естественных условий для обитания людей на борту космических судов и, в том числе, для избежания [неблагоприятного воздействия на организм человека длительной невесомости](#). Именно по выше сказанным причинам нужно применить один из проектов в межпланетном путешествии. Эти проекты смогут дать ответ какая конструкция реверсной МТКС самая оптимальная .

Сфера Бернала — это тип [орбитальной станции](#) и [космического поселения](#), разработанный в [1929 году Джоном Десмондом Берналом](#); «пространственная среда», предназначенная для постоянного проживания людей. Оригинальный проект Бернала представлял собой сферу диаметром

около 10 миль (16 км), способную вместить 20—30 тыс. человек и наполненную воздухом

Колонии О'Нейла – это проекты поселений в космосе предложены [Джерардом Китченом О'Нейлом](#). Он предложил «Остров Один», модифицированную Сферу Бернала, производя подобную земной искусственную гравитацию в районе экватора сферы. Форма сферы была признана оптимальной для сдерживания внутреннего давления и отражения солнечной [радиации](#). Улучшенный вариант «Острова Один» является «Остров Два». Размеры этих поселений были продиктованы экономикой: среда должна была быть достаточно небольшой, дабы снизить транспортные расходы и время на движение. «Цилиндр О'Нилла», также известный, как «Остров Три». Цилиндр О'Нилла представлял собой два очень больших, вращающихся в противоположных направлениях, цилиндра, связанные друг с другом с концами штоками через систему подшипников. Вращаясь, они создают искусственную гравитацию на своей внутренней поверхности за счёт [центробежной силы](#).

«Стэндфордский тор» это альтернативная идея проекта «Острова Один». В «Стэндфордском торе» кольцо соединяется со ступицей через «спицы» - коридоры для движения людей и грузов до оси и обратно. Ступица — ось вращения станции — лучше всего подходит для стыковочного узла приёма космических кораблей, так как искусственная гравитация тут ничтожна: здесь находится неподвижный модуль, пристыкованный к оси станции. Ступица на вращающейся оси станции испытывает наименьшую искусственную гравитацию и лучше всего подходит для стыковочного узла для приема космических кораблей. Невесомость создается в неподвижном модуле, пристыкованном к оси станции. Внутреннее пространство тора является жилым, чьи концы, в конечном счете, изгибаются вверх, чтобы сформировать круг.

• **Востребованность** искусственной силы тяжести. В отсутствии [силы тяжести](#) у некоторых людей и животных возникает [синдром космической адаптации](#). Многие синдромы проявляются в течение нескольких дней и скоро проходят, но, к примеру, плотность костей медленно уменьшается с течением времени, и впоследствии эти изменения могут оказаться необратимыми. Минимальная сила тяжести, которая нужна для предотвращения этих изменений, пока неизвестна, — современная биологическая наука имеет представления лишь о влиянии [земной гравитации](#) и невесомости на околоземной орбите. В настоящее время не хватает технических возможностей для проведения экспериментов с промежуточными значениями, а на Луне астронавты [NASA](#) провели слишком мало времени, чтобы судить о влиянии лунной гравитации на организм человека.

Создание искусственной силы тяжести (искусственной гравитации) в большинстве случаев основываются на принципе эквивалентности сил

инерции и гравитации. Принцип эквивалентности говорит о том, что мы ощущаем приблизительно одинаково ускорение движения не отличая причину, которая его вызвала: гравитация или же силы инерции. Сегодня, как и почти 50 лет назад, для создания искусственной силы тяжести применяются центрифуги (используется центробежное ускорение при вращении космических систем). Проще говоря во время вращения космической станции вокруг своей оси будет возникать центробежное ускорение, которое будет «выталкивать» человека от центра вращения в сторону и в результате космонавт или другие объекты смогут находиться на «полу». Для лучшего понимания этого процесса и с какими трудностями сталкивается ученые давайте посмотрим на формулу по которой определяется центробежная сила при вращении центрифуги.

$$a = \omega^2 \times R$$

То есть чем быстрее будет вращаться космический корабль, и чем дальше от центра будет находиться космонавт, тем сильнее будет созданная искусственная сила тяжести. Можем заметить, что при небольшом радиусе сила тяжести для головы и для ног человека будет значительно отличаться, что в свою очередь затруднит передвижение. При движении космонавта в направлении вращения возникает сила Кориолиса. При этом велика вероятность того, что человека будет постоянно укачивать. Обойти это возможно при частоте вращения корабля 2 оборота в минуту при этом образуется искусственная сила тяжести 1g (как на Земле). Но при этом радиус будет составлять 224 метра. То есть теоретически построить орбитальную станцию или космический корабль таких размеров можно. В следствие невозможности воссоздать необходимое значение уровня гравитации для человека на орбитальной станции или космическом корабле, учёные решили изучить возможность «снижения поставленной планки», то есть создания силы тяжести меньше земной, к примеру марсианской. Можно создать искусственную марсианскую гравитацию с учетом влияния сил Кориолиса, при этом радиус будет составлять 84.6 метра. Что говорит о том, что за полвека исследований не удалось получить удовлетворяющих результатов. Это неудивительно так как в экспериментах стремятся создать условия, при которых сила инерции или же другие оказывали бы влияние, аналогичное воздействию гравитации на Земле. То есть получается, что искусственная гравитация, по сути, гравитацией не является. Люди могут замечать направление вращения при повороте головы, также при падении предметов они будут отклоняться на несколько сантиметров.

Сфера Бернала — это тип [орбитальной станции](#) и [космического поселения](#), разработанный в [1929 году Джоном Десмондом Берналом](#); «про-



странственная среда», предназначенная для постоянного проживания людей. Оригинальный проект Бернала представлял собой сферу диаметром около 10 миль (16 км), способную вместить 20—30 тыс. человек и наполненную воздухом

Колонии О'Нейла – это проекты поселений в космосе предложены [Джерардом Китченом О'Нейлом](#). Он предложил «Остров Один», модифицированную Сферу Бернала, производя подобную земной искусственную гравитацию в районе экватора сферы. Форма сферы была признана оптимальной для сдерживания внутреннего давления и отражения солнечной [радиации](#). Улучшенный вариант «Острова Один» является «Остров Два». Размеры этих поселений были продиктованы экономикой: среда должна была быть достаточно небольшой, дабы снизить транспортные расходы и время на движение. «Цилиндр О'Нилла», также известный, как «Остров Три». Цилиндр О'Нилла представлял собой два очень больших, вращающихся в противоположных направлениях, цилиндра, связанные друг с другом с концов штоками через систему подшипников. Вращаясь, они создают искусственную гравитацию на своей внутренней поверхности за счёт [центростремительной силы](#).

«*Стэнфордский тор*» это альтернативная идея проекта «Острова Один». В «Стэнфордском торе» кольцо соединяется со ступицей через «спицы» - коридоры для движения людей и грузов до оси и обратно. Ступица — ось вращения станции — лучше всего подходит для стыковочного узла приёма космических кораблей, так как искусственная гравитация тут ничтожна: здесь находится неподвижный модуль, пристыкованный к оси станции. Ступица на вращающейся оси станции испытывает наименьшую искусственную гравитацию и лучше всего подходит для стыковочного узла для приема космических кораблей. Невесомость создается в неподвижном модуле, пристыкованном к оси станции. Внутреннее пространство тора является жилым, чьи концы, в конечном счете, изгибаются вверх, чтобы сформировать круг.

В нашем проекте наиболее подходящим может быть проект «Стэнфордский тор». Центральная ось может быть зоной невесомости, и она предусмотрена для средств обслуживания и восстановления. Сегмент КС планируется обеспечивать атмосферой с давлением, равным половине [земного](#), и состоящей из 40 % [кислорода](#) и 60 % азота. Такое давление позволяло сохранить воздух и уменьшить нагрузку на стены. Но и этот проект требует доработки чтобы быть применённым в реверсной МТКС. Нужно будет уменьшить объем жилищных модулей для уменьшения массы КС. Если уменьшить диаметр тора, то придётся увеличить число оборотов. Увеличение числа оборотов может привести к проявлению негативным эффектам

силы Кориолиса. Значит нужно делать тор не цельным, а с блоками которые будут расположены в форме тора. Это самый оптимальный вариант.

Примечание

В ходе работы над проектом придётся столкнуться с большим количеством проблем как чисто технического плана, так и связанных с недостаточными познаниями об устройстве Солнечной системы. Космическому аппарату предстояло бы действовать близко к [поясу Койпера](#), а в перспективе и за этой областью, а на сегодня они изучены недостаточно.

Итак, с выше сказанного самым оптимальным вариантом конструкции будет КС которая выполнена в форме не цельного тора. В центре тора будет находиться генератор искусственной магнитосферы. К КС будет пристыкован один или два КК которые будут совершать посадку на планету и обратно на КС.

Достоинства

- Возможность создания искусственной гравитации. Если КС имеет экипаж на борту, нужна обязательно искусственная гравитация, потому что длительное пребывание в космосе без гравитации развивает «синдром космической адаптации», через это по прилету на планету экипаж станет неспособным воспринимать физические нагрузки, что смертельно в экстремальных условиях.

- Наличие искусственной магнитосферы. Наличие искусственной магнитосферы даст КС и экипажу надёжную и оптимальную защиту от солнечной радиации, потому что без этой защиты экипаж вероятнее всего умрет от лучевой болезни.

Недостатки

- Потребность в наличии мощного источника энергии. Для обеспечения функционирования КС в длительном перелёте потребуется много энергии, часть из которой может быть получена от солнечных панелей, а часть взята с собой в виде батарей с дифторидом ксенона, но это потребует привлечения дополнительных средств и увеличения габаритов КС.

А скорость продвижения в этом направлении зависит от нескольких факторов.

- Разработка энергоблока или батарей, которые будут способны генерировать или сохранять большое кол-во энергии.

- Удешевление вывода полезного груза в космос.

- Разработка композитных материалов.

Вывод. В самом деле, если объединить усилия нескольких стран, к примеру, то постройка реверсной МТКС не займет много времени и будет выполнена в разумные сроки. И поспособствует объединению знаний и наций в достижении данной цели. В перспективе реверсные МТКС могут стать

очень эффективным средством для освоения космоса и других планет, а также завершить проект глобализации и объединить мир одной целью. В последствии это даст огромный толчок в развитии техники в целом.

ЛИТЕРАТУРА

1. Проектування і конструкція ракет-носіїв: Підручник / В.В. Близниченко, Є.О. Джур, Р. Д.Красніков, Л.Д. Кучма, А.К. Линник та ін.; за ред. акад. С .М. Конюхова. -Д.: Вид-во ДНУ, 2007.-504 с.

2. Вступ до ракетної техніки та космонавтики / А. К. Линник ; ДНУ ім. О. Гончара. – Д. : Вид-во ДНУ ім. О. Гончара, 2010. – 112 с.

УДК 629.439

МАГНИТОЛЕВИТИРУЮЩИЙ ПОЕЗД В НЕСТАЦИОНАРНЫХ РЕЖИМАХ ДВИЖЕНИЯ

В.А. Поляков¹, Н.М. Хачапуридзе²

¹кандидат технических наук, старший научный сотрудник отдела динамики и прочности новых и нетрадиционных видов транспорта, Институт транспортных систем и технологий Национальной академии наук Украины, г. Днепр, Украина, e-mail: pva725@mail.ru

²кандидат технических наук, заместитель директора по научной работе, Институт транспортных систем и технологий Национальной академии наук Украины, г. Днепр, Украина, e-mail: itst@westa-inter.com

Аннотация. Объект исследования – нестационарные режимы движения магнитолевитирующего поезда. Цель исследования – оценить его динамические качества и нагруженность в таких режимах. Работа выполнена путём проведения ряда экспериментов с компьютерной моделью динамики поезда, полученной в результате релевантной трансформации в неё созданной модели математической. Компьютерная модель программно фиксировалась на входном языке системы компьютерной математика Mathematica. Результаты моделирования приведены в графической форме и отражают движение поезда в режимах разгона, прохождения тоннеля, а также служебного и экстренного торможения. Анализ этих результатов позволил оценить динамические качества магнитолевитирующего поезда в различных нестационарных режимах движения и его нагруженность в их процессе.

Ключевые слова: магнитолевитирующий поезд, нестационарные режимы движения, динамические качества, динамическая нагруженность, компьютерный эксперимент.

MAGNETICALLY LEVITATED TRAIN IN NON-STATIONARY MODE OF MOTION

Vladislav Poljakov¹, Nikolay Khachapuridze²

¹Ph.D in Technical Science, Senior Research Assistant of Department of Dynamics and Strength of a New and Nonconventional Types of Transport, Institute of Transport Systems and