

УДК 629.4

А.В Недак
(аспірант, *Государственный университет инфраструктуры и технологий*)

АНАЛИЗ МОНОРЕЛЬСОВОГО ТРАНСПОРТА

В статье рассматривается монорельсовый транспорт (МТ) путем анализа существующих монорельсовых систем (МС). Установлено что данный вид транспорта имеет широкую область применения и способен эффективно улучшить транспортное обслуживание городского населения и промышленных комплексов. Описано историю развития МТ, подсчитано общую протяженность пассажирских монорельсовых линий и показано на диаграмме соотношение длины в зависимости от места расположения МС. Дано определение, описаны общие характеристики и преимущества использования МС. МТ классифицировано в зависимости от типа транспортного средства, способа размещения относительно направляющей и конструкции ходовой части.

Ключевые слова: монорельсовый транспорт, система, направляющая, протяженность, конструкция, вагон, проектирование, электродвигатель, пневматическая шина, инфраструктура, технологии.

Введение. В настоящее время существует повышенный спрос на системы транспортировки, особенно это актуально в мегаполисах, где существует высокий пассажиропоток, а существующие транспортные системы не справляются с поставленной задачей. На данный момент популярностью пользуются такие виды наземного и подземного транспорта: железнодорожный, легкорельсовый, автомобильный и метрополитен.

Монорельсовый транспорт является одним из видов наземного транспорта, однако на сегодняшний день монорельсовая система не пользуется большой популярностью, а общая протяженность монорельсовых линий ничтожно мала по сравнению с остальными видами транспорта. Тем не менее, стоит отметить, что монорельсовые системы активно используются в крупных промышленных комплексах по всему миру. История первых разработок монорельсового транспорта указывает на то, что основным его назначением была перевозка грузов, но по мере развития область применения расширялась, и его начали использовать:

– в роли городского общественного транспорта – как неплохую альтернативу остальных видов наземного транспорта;

– в аэропортах в качестве внутреннего транспорта (между терминалами, между терминалами и парковками, или между терминалом и приписанной к аэропорту пригородной железнодорожной станцией), а также для прямой связи с центрами ближайших городов;

DOI: 10.32703/2617-9040-2019-33-1-3

– в парках развлечений, зоопарках, больших развлекательных центрах, на выставочных площадках и т.д.

Термин монорельс охватывает множество систем, которые служат для грузовых и пассажирских перевозок, а монорельсовая система может быть классифицирована в зависимости от своей конструкции, способа движения и вместительности. Значительное разнообразие технологических различий между монорельсовыми системами приводит к тому, что в ходе беседы у человека возникает множество подсознательных образов и в конечном результате он не совсем верно понимает, что же такое монорельсовый транспорт и о чем идёт речь.

Большинство людей привыкло считать монорельсовый транспорт (от англ. *monorail*, в переводе с английского *mono* – комбинированная форма *one* – «один» и *rail* – «рельс», «железнодорожный путь») разновидностью железнодорожного транспорта, который отличается от обычной железной дороги лишь тем, что здесь используется один несущий рельс вместо привычных двух. Однако такое суждение совершенно не верное, и в данной статье мы разберемся с основополагающими характеристиками монорельсового транспорта.

Постановка проблемы и анализ последних исследований. Эффективность работы транспортной инфраструктуры в значительной степени влияет на развитие и конкурентоспособность экономики страны, а также улучшает качество жизни населения. Для того чтобы транспортная инфраструктура смогла удовлетворить все задачи возложенные на нее в наши дни она нуждается в постоянном развитии. Расширение уже существующей инфраструктуры и обеспечение её эффективного функционирования – те задачи, над которыми работают правительства различных стран, для решения которых стоит рассматривать монорельсовую транспортную систему.

Несколько разработок монорельсовой системы проходило на Украине, для демонстрации которых было построено экспериментальные треки: в 1960-70х годах, ученые КПИ (О. Шаповаленко, К. Биков, А. Вишник под руководством С Реброва) совместно с Киевским заводом электротранспорта разрабатывали транспортное средство с линейным асинхронным двигателем. В 1966 году, когда вагон был готов, на полигоне под Вышгородом построили участок пути протяженностью 525 метра; в 2004 году, на испытательном полигоне в Гостомеле, построили 300-т метровую трасу и одну посадочную платформу, а 1 октября 2004 года произошёл официальный запуск системы, которую представили тогдашнему меру г. Киева (О. Омельченко). Оба проекта не увенчались успехом, и дальнейшей их разработкой перестали заниматься. Участки пути забросили, а с течением времени демонтировали.

Исследование поперечной и продольной устойчивости монорельсового вагона, навесной системы «Alweg» представлены в трудах А.Н. Ефименко. Похожие экипажи было рассмотрено В.Г. Вербицкий в научном труде «Введение в теорию устойчивости колесных экипажей и рельсового пути».

Монорельсовый транспорт по-прежнему остаётся мало изучен, о чем свидетельствует количество работ в этой области, и нуждается в дальнейшем рассмотрении. Совсем другая ситуация наблюдается в Азии, где монорельсовый транспорт считается очень перспективным и ведутся активные разработки в этой области. Единственная страна, в которой стандартизирована монорельсовая система – Япония.

Цель и задачи исследования. Перед тем как говорить об актуальности внедрения монорельсового транспорта в отечественную инфраструктуру следует

провести детальний аналіз даного транспорту, визначити основні принципи пристрою та роботи монорельсової системи. Для цього необхідно: вивчити історію розвитку монорельсової системи, проаналізувати поточний стан розвитку даного транспорту, визначити сфери застосування, дати визначення монорельсовому транспорту, описати його основні характеристики та класифікувати за певними ознаками. Дослідження спрямоване на актуальне відображення конструкції та дозволить критично підійти до вибору монорельсового транспорту, враховуючи основні принципи роботи системи.

Історичний огляд та поточна ситуація. Історія розвитку монорельсових транспортних систем бере свій початок одночасно з розвитком залізничних доріг. Першу в світі залізничну дорогу загальної користі Стоктон — Дарлінгтон побудував Джордж Стефенсон (Stephenson) у 1825 році. У тому ж році англійський інженер Генрі Робінсон Пальмер (Palmer) побудував першу монорельсову дорогу за патентом, який він зареєстрував ще у 1821 році. Спочатку монорельсову дорогу планували використовувати для перевезення вантажів, але незабаром по ній почали перевозити й пасажирів.

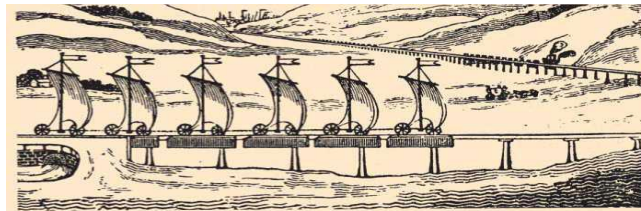


Рис. 1. Перша монорельсова транспортна система, побудована Г.Р. Пальмером, 1825 г. ¹⁸

Дорога представляла собою металевий рельс, зміцнений на дерев'яних стовпних опорах, по якому передвигалися колеса екіпажів, що представляли в поперечному перерізі букву «Л». Колесо знаходилося в верхній частині рами, вантаж розміщувався в кошиках, зміцнених симетрично з двох сторін екіпажа.

У 1869 році на ділянці від Ле-Ренсі до Монфермея в якості досвіду було побудовано однорельсову залізничну дорогу системи Ларманжа. У цій системі два головні колеса розміщені вздовж довгої осі вагона, і переміщуються по одному рельсу, піднятому на 20 мм над рівнем землі. Для стійкості під серединою вагона розміщені два бічних колеса, що кочують по землі, як у звичайних екіпажах. Для зменшення ударів на нерівностях, колеса — на ресорах. Бічні колеса локомотивів служать разом з тими для передачі руху.

У 1876 році на офіційній всесвітній виставці в Філадельфії, штат Пенсильванія (США), генерал Ле-Рой Стоун представив першу монорельсову систему, що працює на паровому двигуні. Це було двоповерхове транспортне засіб, рух якого забезпечували два основні колеса, що приводяться в рух ротором парового двигуна.

Монорельсова дорога «Sonoma Prismoidal» — стала першою лінією, що з'єднує північ каліфорнійського міста Сонома з затокою Сан-Пабло, в

месте высадки парового судна. Изначально планировали строительство 7-и миль дороги, но удалось построить всего три с половиной мили. Монорельсовая линия была выполнена полностью из дерева, и располагалась к северу от Норфолка. Проработала она с 23 ноября 1876 года по 5 мая 1877 года.

В 1878 году модифицированная версия монорельсовой дороги генерала Стоуна, длиною в 6,4 км, была введена в эксплуатацию между Брэдфордом и Гилмором, штат Пенсильвания. Монорельс был построен для транспортировки нефтяного бурового оборудования и персонала в Деррик Сити.

В 1886 году Дж Мейгс построил свою возвышенную железную дорогу, чтобы продемонстрировать преимущества и возможности монорельса, 227-футовая демонстрационная линия была построена в Восточном Кембридже, штат Массачусетс. В 1894 году линию было закрыто.

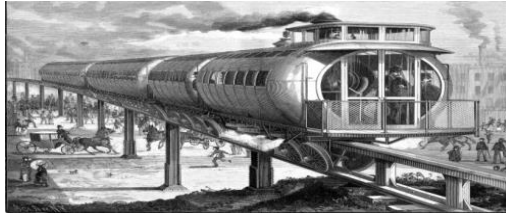


Рис. 2. Монорельсовая дорога капитана Дж. Мейгса, 1886 г. ¹⁹

В 1886 году Чарльз Лартиг (Lartigue) продемонстрировал свою систему в Лондоне (был построен отрезок пути Холмы Тотхилл – улица Виктории – Вестминстер, по которому ездил паровоз). Демонстрация вызвала интерес, и Лартигу удалось собрать тридцать тысяч фунтов стерлингов на строительство монорельса «Listowel and Ballybunion Railway» в Ирландии, между морским курортом Баллибанион (Ballybunion) и городом Листоуэл (Listowel), где кончалась обыкновенная железная дорога.

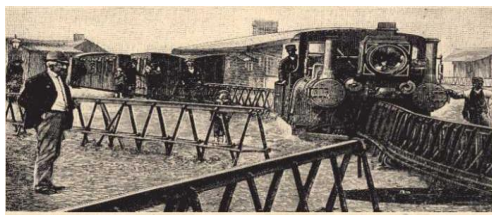


Рис. 3. Монорельсовая дорога системы Лартига, 1887 г. ¹⁸

В 1890 году в США была построена монорельсовая железная дорога Boynton Unicycle Railway. На этой дороге поезд опирался на один несущий рельс, сверху же проходил поддерживающий деревянный рельс. Основным недостатком такой дороги было то, что на поворотах из-за инерции («центробежной силы») на поддерживающий рельс действовали высокие нагрузки.

1 марта 1901 года была запущена «Wuppertaler Schwebebahn» первая подвесная монорельсовая дорога системы Ойгена Лангена (нем. *Einschienige Hängebahn System Eugen Langen*) в городе Вуппертале. Дорога является старейшим действующим подвесным монорельсом в мире. Ей удалось пережить две мировые войны и продолжает работать с прибылью и безопасностью сегодня.

До 1950 года изобретатели не прекращали предпринимать попыток по улучшению предыдущих конструкций и созданию новых монорельсовых линий в надежде заинтересовать предпринимателей, и представителей властных структур.

Начиная с 1950, монорельсовые дороги были созданы в Японии (1957), в Диснейленде Калифорнии (1959), в Сиэтле (1962), в Walt Disney World во Флориде (1971), на Гавайях (1976) и т.д. Эти монорельсовые системы являются более современные по своей конструкции, а некоторые из них работают и в наши дни.

На основании собранной информации было установлено, что в 2018 году общая протяженность монорельсовой линии по всему миру составила около 411 тысяч километров (для расчета были взяты только пассажирские линии). Сюда вошли 42 монорельсовые системы, среди которых 23 находятся в странах *Азии*, 10 в *Европе*, 8 в странах Америки и 1 в Океании. Если сравнивать за общей протяженностью то мы увидим, что на станы Азии приходится 79% (324, 37 км.) всех линий, 7% (29,88 км.) расположены в странах Европы, 13% (55,3 км.) в Америке и менее 1% (2 км.) в Океании.

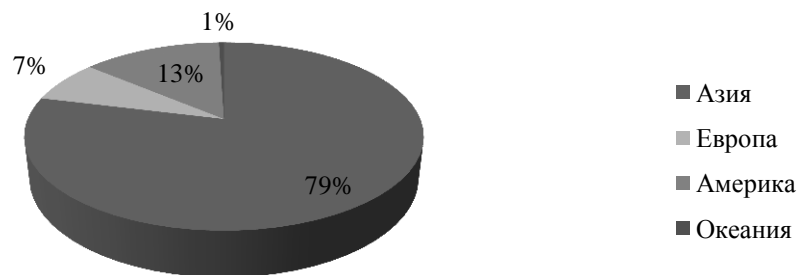


Рис. 4. Соотношение протяженности линий монорельсового транспорта относительно их размещения в станах Азии, Европы, Америки и Океании

Из диаграммы можно увидеть, что монорельсовый транспорт пользуется наибольшей популярностью в странах Азии. В Китайском городе Чунцин компания «*Chongqing Rail Transit Corp., Ltd*» запустила две монорельсовые линии (2 и 3) общей протяженностью около 98 километров. Строительством занималась компания *Hitachi* взявшая за основу монорельсовую систему *Alweg*. Стоит отметить и тот факт, что линия 3 является самой крупной по своей протяженности и самой загруженной по количеству пассажиров среди остальных монорельсовых дорог по всему миру. Ежедневный пассажиропоток составляет более 675000 пассажиров в день.

Международной ассоциацией общественного транспорта (UITP) было подсчитано приблизительное количество пассажиров, которое перевозят различные виды городского общественного транспорта с расчета 3 - 5 пассажиров на квадратный

метр: автомобиль – 2 тис. пас/час, автобус - 9 тис. пас/час, трамвай - 22 тис. пас/час, монорельс (данные взяты для монорельсовой системы Alweg, разработанной компанией Bombardier) - 48 тис. пас/час, метро – 50+ тис. пас/час.

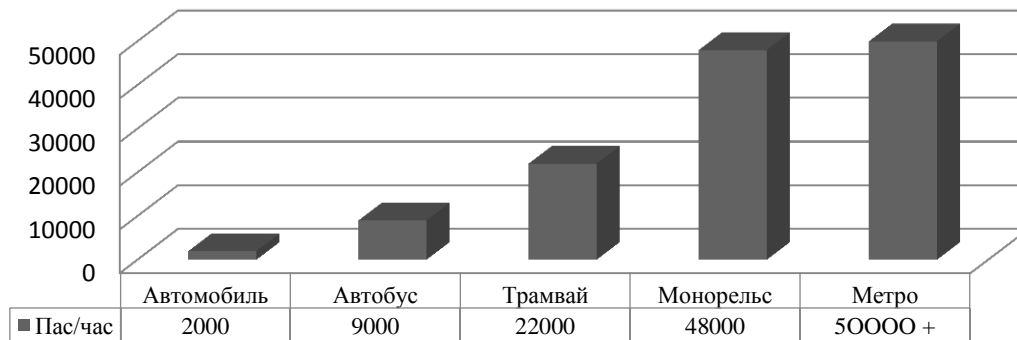


Рис. 5. Пассажиропоток на городском общественном транспорте: автомобиль, автобус, трамвай, монорельс и метро

Приведённые выше данные демонстрируют то, что монорельсовая система может быть весьма эффективна и дополнит транспортную инфраструктуру любого города, выполняя все возложенные на неё задачи.

Общая характеристика монорельсовой транспортной системы. Использование монорельсовой транспортной системы при проектировании скоростных пассажирских линий позволило её конструкторам считать, что основополагающим условием безопасности была необходимость обеспечения свободного движения скоростных экипажей без пересечения на одном уровне с любыми другими видами транспорта. Поэтому было принято решение поднимать скоростные дороги на высокую насыпь эстакады, устраивать путепроводы и мосты. При этом изобретатели справедливо отмечали недостаток громоздкой рельсо-шпальной путевой структуры обычной железной дороги в случае необходимости ее подъема над землей. Монорельсовые конструкции в эстакадном варианте представлялись конструктивно целесообразнее и дешевле.

Стало быть, поэтому в существующей практике *монорельсовый транспорт* – это эстакадный вид транспорта, когда движение транспортного средства происходит по одиночной направляющей. При этом большинство монорельсовых систем имеют возвышенную несущую конструкцию, выполненную из металла или предварительно напряженного железобетона. Транспортное средство (поезда) используют колёса, которые оснащены пневматическими шинами, благодаря чему они могут преодолевать участки пути с большим уклоном, к тому же такие поезда более тихие в отличие от железнодорожных поездов.

В роли тяговой установки для монорельсовых поездов используют электродвигатель (в XIX веке было построено несколько систем, которые использовали бензиновый и паровой двигатели, но те системы вскоре были закрыты), кабельный привод и магнитную левитацию. Наибольшей популярностью пользуется именно электродвигатель, так как он обладает рядом преимуществ:



Отсутствие дыма и других выбросов в атмосферу – электрический двигатель экологический и безопасный, что позволяет использовать монорельс в



помещениях, парках развлечений, зоопарках....

Бесшумная езда – электрический двигатель не создаёт много шума и позволяет кататься в условиях и местах, требующих отсутствия шума.



Технологичность, простота и компактность – по сравнению с двигателем внутреннего сгорания, в электродвигателе нет фильтров и нужды использовать коробку передач, сцепление, а так же другие сложные конструкции. Это позволяет сократить количество деталей, которые могут выйти из строя и площадь необходимую для их установки на транспортном средстве. При этом в электродвигателе отличный крутящий момент и почти мгновенный разгон до максимальных оборотов.



Практичность в использовании, уходе и обслуживании – не используются горюче-смазочные материалы, бензин, моторные масла, ремни ГРМ, фильтры. Постоянный и основной расход - это топливо в виде электричества, которое по цене и доступности не сравнится с бензином.

Система магнитной левитации *Magwel* (от англ. *magnetic levitation* – «магнитная левитация») в которой для движения поездов используется сила электромагнитного поля, является относительно новой и пока что мало изучена, на данный момент ведется активная разработка этой технологии.

Классификация монорельсового транспорта. В зависимости от способа размещения поезда относительно направляющей однорельсовые системы разделены на три категории:

– *навесные* (двойственной политики) – центр тяжести вагона размещён выше точки опоры. Наиболее популярной навесной системой является монорельсовая система Alweg (Рис. 6), тележки которого, оснащены пневматическими шинами, а движение происходит по железобетонной балке.

– *подвесные* (приостановленный) – центр тяжести вагона размещен ниже точки опоры. Ярким примером подвесной системы является монорельсовая система SAFEGE (Рис. 7). Система устроена таким образом, что снизу по всей длине балки проходит отверстие, через которое вагон, при помощи маятникового типа подвески с пневматическими пружинами, соединяется с тележкой, движение которой происходит внутри этой балки. Как и в предыдущем случае колёса тележки оснащены пневматическими шинами, а направляющая выполнена из предварительно напряженного железобетона.

– *консольные* (боковой подвес) – центр тяжести вагона расположен в один уровень с направляющей, а движение вагона происходит по боковой грани с обеих сторон несущей конструкции (Рис. 8).



Рис. 6. Монорельсовая система Alweg, город Осака, Япония ²⁰



Рис. 7. Монорельсовая система SAFEGE, город Тиба, Япония ²¹

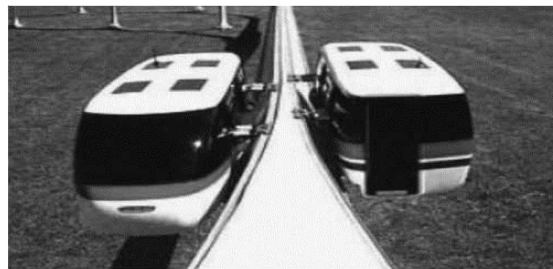


Рис. 8. Консольная монорельсовая система ²²

Монорельсовый транспорт системы Alweg разработанный компанией Hitachi, имеет вагоны трёх типов: *малый, стандартный и большой*. От этого выбора зависит ряд параметров: вместительность, нагрузка на ось, габариты направляющей, радиусы кривой.

Таблица 1. Технические характеристики монорельсовой системы ²³

Тип	Вместимость	Нагрузка на ось	Габариты направляющей	Макс. градиент	Минимальный радиус кривой
большой	415 пас.	11 т	850 мм × 1500 мм	6 %	70 м
стандарт	348 пас.	10 т	800 мм × 1400 мм	6%	70 м
малый	194 пас.	8 т	700 мм × 1300 мм	6%	40 м

Все технические характеристики применяются в монорельсовой системе Hitachi. «Вместимость» представляет собой обычную нагрузку (3 пас./1 м²) для поезда с четырьмя вагонами.

Во время разработки монорельсовых дорог конструкторы используют различные технологические решения для ходовой части транспортного средства, поэтому существует большое разнообразие монорельсовых систем: *Alweg, InvertedT, Steel Box Beam, Magwel, SAFEGE, Cable Car, Double-flanged, I-Beam, Консольная, PRT*. Конструкторское решение позволяет сделать выбор в пользу системы, которая в наибольшей степени соответствует определённым условиям, учитывая преимущества и недостатки каждой из них.

Выводы. Основное назначение данного материала – описание монорельсовой системы, которая выступает в роли альтернативного транспортного средства. В статье было отмечено, что большой выбор конструктивных решений позволяет использовать данный транспорт во всех сферах деятельности: в промышленности – грузовые перевозки; в городах – общественный транспорт; в парках развлечений, зоопарках, больших развлекательных центрах, на выставочных площадках и т.д. - экскурсионный транспорт. Широкая область применения и высокая эффективность не сделали монорельсовую систему лидером транспортной отрасли, и сейчас монорельсовый транспорт является менее популярным в отличие от остальных видов общественного транспорта, а общая протяженность пассажирской монорельсовой линии за последними подсчётами составляет около 411 тысяч километров.

Приподнятая конструкция монорельсовой системы позволяет транспортному средству не пересекаться с остальными видами транспорта, тем самым оказывая влияние на уровень безопасности во время эксплуатации. Большинство монорельсовых систем работают на электрическом питании, благодаря чему не производят выбросы вредных веществ в окружающую среду. По воздействию на окружающую среду монорельсовый транспорт можно сравнивать разве что с троллейбусом, который так же не загрязняет атмосферу своими выбросами. В 2007 году монорельсовая транспортная система Лас-Вегаса помогла в сокращении численности автомобильного транспорта примерно на 3,2-х миллионах миль основных дорог Южной Невады, благодаря чему удалось в течение года сократить выбросы в атмосферу более чем на 58 тонн: угарного газа (CO), летучих органических соединений (VOC) и оксидов азота (NOx).

В ходе изучения данного транспорта было отмечено, что в зависимости от способа размещения транспортного средства монорельсовая система подразделяется на навесную – центр тяжести вагона находится выше точки опоры, подвесную – центр тяжести вагона расположен ниже точки опоры и консольную - вагон на одном уровне с направляющей. Важным критерием монорельсовой системы является тип вагона, так как от данного выбора зависят технические характеристики всей системы.

В заключение можно сказать о том, что монорельсовый транспорт весьма разнообразен в своей конструкции и может адаптироваться практически к любым эксплуатационным условиям, а выбор той или иной монорельсовой системы сводится к выбору набора определённых параметров, которые являются наиболее целесообразными для использования в конкретном случае.

ЛИТЕРАТУРА

1. Leroy W. Demery, Jr. *Monorails In Japan: An Overview publictransit.us Special*. Report No. 9 June 22, 2005.
2. Christos N. Pyrgidis *Railway Transportation Systems Design, Construction and Operation – Aristotle University of Thessaloniki, Greece*. (February 25, 2016)

3. Peter E. Timan *Why Monorail Systems Provide a Great Solution for Metropolitan Areas*. Published online: 4 April 2015.
4. Tarighi. A , *Muto-Criteria feasibility assessment of the monorail*. 2011. Master dissenation. Middle East Technical University.
5. Monorail Society: сайт. URL: www.monorails.org. (дата обращения: 19.07.2018).
6. Hitachi-Rail.com: Hitachi Railway Systems Website. URL: https://www.hitachi-rail.com/products/rolling_stock/monorail/index.html. (дата обращения: 19.07.2018).
7. Преимущества электрического двигателя: сайт. URL: <https://ekoleso.su/preimy4estwa.html>. (дата обращения: 11.11.2018).
8. Ghafooripour. A .. Ogwuda. O. & Rezaei. S.. *An efficient cost analysis of monorail in the Middle East using statistics of existing monorail and metro models*. Urban Transport XVIII: Urban Transport and the Environment in the 21st Century, 18. 128-241.
9. Patrick Miller, Lina Kattan, S.C. Wirasinghe, Alexandre De Barros *Monorails for sustainable transportation – a review*. Conference Paper May 2014.
10. LIU Xi, SUN Huan, LIU Fang-gang *Study on the Application and Development of Monorail Transit System* International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT) ISSN: 2278-0181 Vol. 3 Issue 5, May – 2014.
11. www.STC-IN.com & www.skytraincorp.com Monorail History & Technology of Successful URL: http://www.skytraincorp.com/pp/stc_mht.pdf. (дата обращения: 05.07.2018)
12. Japan Monorail Association, *Monorails Future of Urban Travel*. 2016. URL: <http://www.nihon-monorail.or.jp>. (дата обращения: 19.07.2018)
13. Nobuhiko Kimijima, Sang-Jae Kim, Kazuya Furuta, Tomoyuki Sakatsume Daegu *Urban Railway Line 3 Monorail System in South Korea*. Hitachi Review Vol. 66 (2017), No. 2.
14. Солодкий, А. И. Транспортная инфраструктура: учебник и практикум для СПО / А. И. Солодкий, А. Э. Горев, Э. Д. Бондарева ; под ред. А. И. Солодкого. М. : Издательство Юрайт, 2018. 290 с.
15. Das. A. M., Ladin. M. A., Ismail, A., and Rahmat. K. O., *Consumers satisfaction of public transport monorail user In Kuala Lumpur*. 2013. Journal of Engineering Science and Technology, 8(3) 272-283.
16. C I Crăciun, M A Spiroiu and B Voiculescu *Monorail - an alternative solution for the urban transport in Romania* Published under licence by IOP Publishing Ltd IOP - Conference Series: Materials Science and Engineering, Volume 444, Automotives. Engine and Transmission. Road Safety.
17. M. Намурсу, Т. Eren, Sigma J Eng *SELECTION OF MONORAIL TECHNOLOGY BY USING MULTICRITERIA Publications Prepared for Transist 2016*, 9th International İstanbul Transport Congress.
18. И. П. Киселёв, «ТРАНСПОРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ» №1 (20) 2009 с. 62-63. URL: <https://cyberleninka.ru/article/v/monorelsovye-kolesnye-transportnye-sistemy> (дата обращения: 15.09.2018)
19. URL: https://monorails.info/images/history_img/6-Meigs_Elevated_train.jpg – (дата обращения: 26.02.2019).
20. URL: <https://monorails.info/images/gallery/Monorails%20of%20Asia/OsakaMonorail1000Series01.jpg> – (дата обращения: 26.02.2019).
21. URL: https://monorails.info/images/gallery/Monorails%20of%20Asia/Chiba_Urban_Monorail_0-series_201206-01.jpg (дата обращения: 26.02.2019).
22. URL: <http://www.monorails.org/tMspages/TPindex.html> (дата обращения: 21.10.2018).
23. URL: <https://monorails.info/about-monorails/classification> (дата обращения: 26.02.2019).

REFERENCES

1. Leroy W. Demery, Jr. *Monorails In Japan: An Overview publictransit.us Special*. Report No. 9 June 22, 2005.
2. Christos N. Pyrgidis *Railway Transportation Systems Design, Construction and Operation – Aristotle University of Thessaloniki, Greece*. (February 25, 2016)
3. Peter E. Timan *Why Monorail Systems Provide a Great Solution for Metropolitan Areas*. Published online: 4 April 2015.
4. Tarighi. A , *Muto-Criteria feasibility assessment of the monorail*. 2011. Master dissenation. Middle East Technical University.
5. Monorail Society website, Available at www.monorails.org. (accessed 19 July 2018).
6. Hitachi-Rail.com: Hitachi Railway Systems Website. URL: https://www.hitachi-rail.com/products/rolling_stock/monorail/index.html. (accessed 19 July 2018).
7. Preimushchestva elektricheskogo dvigatelya, Available at <https://ekoleso.su/preimy4estwa.html>. (accessed 11 November 2018).

8. Ghafooripour, A. ., Ogwuda, O. & Rezaei, S.. *An efficient cost analysis of monorail in the Middle East using statistics of existing monorail and metro models*. Urban Transport XVIII: Urban Transport and the Environment in the 21st Century, 18. 128-241.
9. Patrick Miller, Lina Kattan, S.C. Wirasinghe, Alexandre De Barros *Monorails for sustainable transportation – a review*. Conference Paper May 2014.
10. LIU Xi, SUN Huan, LIU Fang-gang *Study on the Application and Development of Monorail Transit System* International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT) ISSN: 2278-0181 Vol. 3 Issue 5, May – 2014.
11. www.STC-IN.com & www.skytraincorp.com Monorail History & Technology of Successful URL: http://www.skytraincorp.com/pp/stc_mht.pdf. (accessed 05 July 2018).
12. Japan Monorail Association, *Monorails Future of Urban Travel*. 2016. URL: <http://www.nihon-monorail.or.jp>. (дата обращения: 19.07.2018).
13. Nobuhiko Kimijima, Sang-Jae Kim, Kazuya Furuta, Tomoyuki Sakatsume Daegu *Urban Railway Line 3 Monorail System in South Korea*. Hitachi Review Vol. 66 (2017), No. 2.
14. A. I. Solodkiy, A. E. Gorev, E. D. Bondareva *Transportnaya infrastruktura : uchebnik i praktikum dlya SPO* [Transport infrastructure: textbook and workshop for SPO] M. : Izdatel'stvo Yurayt [in Russian].
15. Das. A. M., Ladin. M. A., Ismail, A., and Rahmat. K. O., *Consumers satisfaction of public transport monorail user In Kuala Lumpur*. 2013. Journal of Engineering Science and Technology, .8(3) 272-283.
16. C I Crăciun, M A Spiroiu and B Voiculescu *Monorail - an alternative solution for the urban transport in Romania* Published under licence by IOP Publishing Ltd IOP - Conference Series: Materials Science and Engineering, Volume 444, Automotives. Engine and Transmission. Road Safety.
17. M. Hamurcu, T. Eren, Sigma J Eng *SELECTION OF MONORAIL TECHNOLOGY BY USING MULTICRITERIA Publications Prepared for Transist 2016*, 9th International Istanbul Transport Congress.
18. I. P. Kislov. (2009). TRANSPORT ROSSIYSKOY FEDERATSII [TRANSPORT OF THE RUSSIAN FEDERATION]. №1, 62-63. Available at <https://cyberleninka.ru/article/v/monorel-sovye-kolesnye-transportnye-sistemy> [in Russian].
19. Public domain, Available at https://monorails.info/images/history_img/6-Meigs_Elevated_train.jpg (accessed 26 February 2019).
20. Author: *Kansai explorer*, Available at <https://monorails.info/images/gallery/Monorails%20of%20Asia/OsakaMonorail1000Series01.jpg> (accessed 26 February 2019).
21. Author: *PekePON*, Available at https://monorails.info/images/gallery/Monorails%20of%20Asia/Chiba_Urban_Monorail_0_series_201206-01.jpg (accessed 26 February 2019).
22. Available at <http://www.monorails.org/tMspages/TPindex.html> (accessed 21 October 2018).
23. Available at <https://monorails.info/about-monorails/classification> (accessed 26 February 2019).

Andrii Nedak,
(Postgraduate of State University of Infrastructure and Technologies)

ANALYSIS OF MONORAIL TRANSPORT

The article discusses monorail transport (MT) by analysis of existing monorail systems (MS). It is established that this type of transport has a wide scope and is able to efficiently improve the transport services for the urban population and industrial complexes. The history of MT is described, the total length of passenger monorail lines has been counted and the length ratio depending on the location of MC is shown in the graph. A definition, description of the general characteristics and advantages of MS usage is provided. MT is classified depending on the type of vehicle, method for arranging relative to guides and chassis design.

Keywords: *monorail transport, system, guide rail, length, carriage, designing, electric motor, pneumatic tire, infrastructure, technology.*

А.В Недак

(аспірант, Державний університет інфраструктури та технологій)

АНАЛІЗ МОНОРЕЙКОВОГО ТРАНСПОРТУ

У статті розглядається монорельсовий транспорт (МТ) шляхом аналізу існуючих монорейкових систем (МС). Встановлено що даний вид транспорту має широку сферу застосування і здатний ефективно покращити транспортне обслуговування міського населення та промислових комплексів. Описано історію розвитку МТ, підраховано загальну протяжність пасажирських монорейкових ліній та показано на діаграмі співвідношення довжини в залежності від місця розташування МС. Надано визначення, описані загальні характеристики і переваги використання МС. МТ класифіковано залежно від типу транспортного засобу, способу розміщення щодо направляючої та конструкції ходової частини.

Ключові слова: монорейковий транспорт, система, направляюча, протяжність, конструкція, вагон, проектування, електродвигун, пневматична шина, інфраструктура, технології.