

УДК 004.942

DOI 10.52928/2070-1616-2026-53-1-62-69

ПРИМЕНЕНИЕ КАСЕТНО-КОНВЕЙЕРНОЙ ТЕХНОЛОГИИ СКОРОСТНЫХ СИСТЕМ ГОРОДСКОГО ОБЩЕСТВЕННОГО ТРАНСПОРТА ДЛЯ СВЯЗИ ГОРОДОВ-СПУТНИКОВ С МИНСКОМ

*Д.В. ШОРОХ, канд. техн. наук, доц. В.Н. ШУТЬ
(Брестский государственный технический университет)*

Рассматривается применение кассетно-конвейерной технологии скоростного общественного транспорта для организации эффективного сообщения между Минском и городами-спутниками. Описаны принципы функционирования системы, ее преимущества в снижении транспортной нагрузки и улучшении связности агломерации. Предложена концепция интеграции в существующую транспортную сеть.

Ключевые слова: *кассетно-конвейерная технология, интеграция транспорта, транспортная система, скоростной транспорт, модульные транспортные системы.*

Введение. Технология наземного транспорта имеет глубокие исторические корни, начиная с изобретения колеса, которое появилось более 6 тыс. лет назад. С развитием цивилизации способы перемещения людей и товаров значительно эволюционировали, и сегодня существует множество различных видов транспорта, таких как водный, железнодорожный, автомобильный, воздушный и др. У каждого из этих видов есть свои преимущества и ограничения, которые определяют их использование в зависимости от специфики задач.

В настоящее время численность населения Земли превышает 8 млрд человек, и, по прогнозам, к концу столетия она может достичь 11 млрд. В условиях урбанизации люди все чаще выбирают города для постоянного проживания, что делает вопрос эффективного общественного транспорта особенно актуальным. Многие крупные города нуждаются в промежуточных системах, которые соединяют метрополитены с уличными маршрутами, и такие системы, как LRT [1] (легкое рельсовое транспортное сообщение), успешно решают эту задачу. Эта технология имеет потенциал значительно повысить скорость и эффективность транспортных связей между городами и их спутниками, а также разгрузить существующие транспортные сети.

Целью данной работы является исследование и обоснование возможности реализации пилотного проекта суперскоростной рельсовой трассы, основанной на инновационной технологии кассетно-конвейерной перевозки пассажиров.

Развитие информационных технологий, в особенности, искусственного интеллекта, позволяет пересмотреть концепцию организации и управления современным городским транспортом. Будущее за автоматическим транспортом. На улицах городов появятся новые высокоэкономичные системы общественных автоматических перевозок.

Существенным недостатком транспортной системы «скоростной трамвай» является недостаточно высокая скорость (30 км/ч) и, следовательно, невозможность повысить его провозную способность за счет скорости движения. Это ограничение носит принципиальный характер и его нельзя обойти, как и в метро, предел скорости которого 42 км/ч. Связано это с основным и неизбежным атрибутом всякого городского транспорта: делать остановки на каждом остановочном пункте маршрута.

Рассмотрим трамвайный маршрут, состоящий в прямом направлении, к примеру, из 12 остановочных пунктов. Если пассажиру необходимо проехать из начального пункта в конечный, то транспортное средство сделает 10 промежуточных остановок, не нужных пассажиру, прежде чем доставит его в пункт назначения. Примем, что на каждом промежуточном остановочном пункте с транспортного средства сходит 1/10 часть пассажиров и загружаются новые. Таким образом, при каждой остановке бесполезно гасится кинетическая энергия, пропорциональная 9/10 массам пассажиров, которым не надо выходить на этой остановке. Также теряется энергия, относящаяся к массе транспортного средства.

Отсутствие точной, объективной информации в режиме реального времени о мощности пассажиропотока на маршруте препятствует принятию оптимальных решений по выводу на маршрут такого количества транспортных единиц, чтобы покрыть этот пассажиропоток. Поэтому зачастую трамваи либо перегружены, либо недогружены.

Кроме того, транспортная система «скоростной трамвай» плохо влияет на улично-дорожную среду, т.к. предоставление трамваям преимущественного проезда на светофорах дискриминирует других участников дорожного движения.

Суперскоростная транспортная система лишена всех этих недостатков.

Основная часть. *Суперскоростной трамвай – новый тип LRT.* Основатель кибернетики, американский математик Н. Винер на заре развития этой науки говорил о возможности появления полностью автоматических заводов, где человека не будет. Полностью автоматические или с минимальным числом людей заводы уже появились. Теперь такое время наступило для транспорта. Беспилотный суперскоростной трамвай небольшой

вместимости от 50 до 100 пассажиров позволит гибко удовлетворять потребности потребителей транспортных услуг в городе не по жесткому графику движения (расписанию), а по требованию пассажира, пришедшего на остановочный пункт.

Основой суперскоростной транспортной системы является инновационный принцип кассетно-конвейерной перевозки, который впервые разработан в лаборатории интеллектуальных транспортных систем Брестского государственного технического университета. Суть кассетно-конвейерного принципа перевозки пассажиров в городской среде подробно рассмотрена на примере беспилотных электрокаров-инфобусов [2; 3].

Кассетно-конвейерная технология скоростных пассажирских перевозок – это автоматизированная система общественного городского транспорта, способная без помех со стороны других транспортных средств функционировать в насыщенной улично-дорожной среде и перевозить количество пассажиров, сравнимое с метро [4–7]. Система действует при полном отсутствии управления со стороны человека и является принципиально новым видом общественного транспорта на базе мобильных автономных электрокаров (беспилотных). Техно-экономические характеристики, которые обеспечивает данная транспортная система, недоступны известным на сегодняшний момент транспортным средствам городской перевозки пассажиров, таким как автобус, троллейбус, трамвай и метро. Все беспилотные электрокары увязаны в один контур управления. Система адаптивна к пассажиропотоку, т.е. работает по требованию на обслуживание на перевозку с минимальным временем ответа на запрос (время ожидания пассажира). Сочетает в себе признаки личного (малое время ожидания транспорта и безостановочный, или с минимальным числом остановок, проезд пассажиром из пункта отправления в пункт назначения) и общественного (высокая провозная способность) транспорта.

Кассетная, роботизированная городская транспортная система массовой конвейерной перевозки пассажиров в исходном состоянии находится в спящем режиме и активизируется в момент появления пассажиров на станции (остановке). Пассажир, проходя через турникет, оплачивает проезд и одновременно указывает свою станцию назначения. Эти сведения поступают на сервер системы, где формируется матрица корреспонденций по данной остановке. На основе данных со всех остановок строится матрица корреспонденций M поездок пассажиров:

$$M = \begin{pmatrix} 0 & m_{1,2} & m_{1,3} & \dots & \dots & m_{1,j} & \dots & m_{1,k} \\ 0 & 0 & m_{2,3} & \dots & \dots & m_{2,j} & \dots & m_{2,k} \\ \dots & \dots \\ 0 & \dots & 0 & m_{i,i+1} & \dots & m_{i,j} & \dots & m_{i,k} \\ \dots & \dots \\ 0 & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & 0 & m_{k-1,k} \\ 0 & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & 0 \end{pmatrix} \quad (1)$$

где k – количество остановок; m_{ij} – количество пассажиров, севших на i -й остановке с целью доехать до j -й остановки ($i, j = 1, \dots, k$).

Все элементы матрицы M на главной диагонали и под главной диагональю равны нулю (т.к. пассажир не может выйти на остановке, на которой сел в вагон, и не может ехать назад). Таким образом, все пассажиры, которые находятся на станциях, дифференцированы по принципу конечного пункта поездки.

Конвейерный способ перевозки указывает на непрерывный процесс движения кассет (автопоездов) с минимальным интервалом в 20 с между ними. Это также является минимальным достаточным временем выгрузки и загрузки пассажиров. Для этого инфобусы выполнены узкими (шириной 1 м) со множеством дверей. Конвейерный способ движения позволяет максимально использовать дорожное пространство, равномерно распределить нагрузку на рельсовое полотно пути и обеспечить время ожидания транспорта пассажиром от 20 с до одной минуты в любое время суток. Особенно следует отметить, что это единственный вид городского общественного транспорта, готовый обслуживать пассажиров 24 ч в сутки.

Соединение Минска с городами-спутниками на базе суперскоростной трамвайной системы. 29 октября 2024 г. у Президента Республики Беларусь состоялось совещание по вопросу необходимости скоростных транспортных магистралей, связывающих столицу с городами-спутниками. От Президента прозвучало предложение по созданию рельсового транспорта как наиболее экономичного и экологичного, использующего электроэнергию, в достатке имеющуюся в Республике Беларусь. Уже сегодня более 40% всей генерируемой электроэнергии поступает от Белорусской АЭС, и эта величина будет расти и далее.

Первоначально беспилотный общественный транспорт будет рельсовым (трамвай, метро), что связано с простотой управления. К примеру, в СССР автопилот на железной дороге был успешно испытан в 1953 г. Во многих городах Европы (Лондон, Париж) поезда метро следуют без машиниста.

Задача создания автоматического общественного транспорта намного проще, чем беспилотного личного транспорта, т.к. последний функционирует в сложной динамической среде с неограниченным числом различных вариантов и самых неожиданных случаев, в то время как трасса автоматического общественного транспорта закрыта от внешних воздействий и обустроена системой многочисленных датчиков.

Таким образом, с развитием информационно-коммуникационных технологий стало возможным создание новых типов транспортных систем с характеристиками, недостижимыми в парадигме старых транспортных воззрений.

Между Минском и его городами-спутниками должен функционировать автоматический, интеллектуальный, информационно нагруженный транспорт с высокой скоростью сообщения и достаточной провозной способностью; такой же незаметный для населения, как лифт в многоэтажном доме, удовлетворяющий запрос за минимальное время от момента заказа, способный самостоятельно, без участия или с минимальным участием человека, адаптироваться к динамике пассажиропотока, выводя на линию требуемые объемы транспортных средств.

Анализ городов-спутников Минска. Из рассмотренных направлений связи городов-спутников (Дзержинск, Заславль, Логойск, Смолевичи, Фаниполь, Руденск) с Минском можно отсеять направления, на которых уже имеется железная дорога – это Дзержинск, Фаниполь, Смолевичи, Руденск. Остается два перспективных направления: Заславль, Логойск. Кроме того, имеется еще одно перспективное направление на агрогородок Самохваловичи, но оно уступает по числу жителей, живущих на линии дорожного сообщения, в сравнении с Логойском и Заславлем.

Если сравнивать направления Логойск и Заславль, то как первое тестовое направление реализации данного проекта лучше выбрать Заславль. На рисунке 1 изображена трасса Минск–Заславль со всеми промежуточными населенными пунктами и остановками.

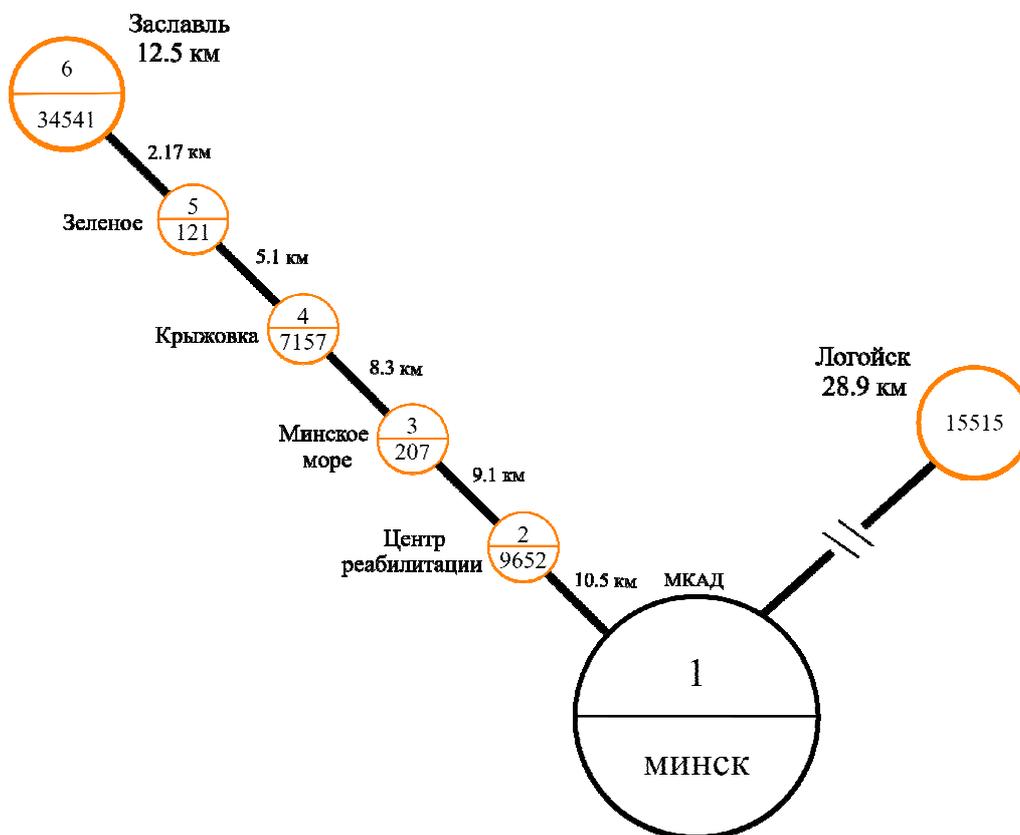


Рисунок 1. – Схема трассы Заславль–МКАД (Минск)

Преимущества направления на Заславль состоят в следующем:

- расстояние до МКАД почти в 3 раза меньше, чем у Логойска;
- отсутствие перекрестков и других препятствий (по направлению на Заславль нет перекрестков и пешеходных переходов, препятствующих движению кассет);
- возможность масштабирования и расширения проекта (от Заславля имеется возможность пустить ветку до Радошковичей);
- плотность пассажиров на километр пути на направлении МКАД–Заславль выше, чем на направлении МКАД–Логойск.

В таблице 1 отображены населенные пункты, численность населения, остановки и расстояния трассы Заславль.

Таблица 1. – Расстояние от предполагаемой начальной остановки в Заславле до последующих остановок вдоль трассы Заславль–МКАД

Населенные пункты	Население, чел.	Остановки	Расстояние, км
Заславль	17404	Заславль	0,00
д. Зеленая	121	Зеленое	1,47
		Юный коммунар	2,87
Ратомка	7157	Крыжовка	5,1
д. Качино	207	Минское море	8,3
Ждановичи	9652	Центр реабилитации	10,1
		МКАД	12,5

По направлению Заславль–МКАД расположено 6 остановок. Все остановочные пункты закрытого типа с терминалами оплаты проезда, заказа пассажиром конечного пункта поездки и входными турникетами. Трасса Заславль–МКАД четырехполосная (по две полосы в разных направлениях). Направления разделены металлическими ограждениями барьерного типа. Именно в зоне разграничения направлений следует пускать скоростную кассетно-конвейерную линию.

Исходя из того, что трамвайный путь имеет ширину 1000 мм, то скоростная кассетно-конвейерная линия легко помещается в зону разграничения. Следует отметить, что кассетно-конвейерная линия является однокольной и работает в реверсном режиме. Этим сокращается стоимость строительства путей более чем в три раза. Это возможно за счет сокращения в два раза железнодорожного полотна, а также за счет ненадобности заимствования части автомобильной полосы движения в случае двухколейной реализации проекта. Все укладывается без дополнительных работ в уже имеющуюся структуру дорожной сети.

Также необходимо подчеркнуть, что железнодорожный путь является облегченным – трамвайного типа инфобусы имеют в 5 раз меньший вес, чем обычный трамвай, и следовательно, стоимость строительства облегченного полотна значительно ниже (кассета из инфобусов, эквивалентная тому же объему пассажиров трамвая, дает меньшую нагрузку на единицу длины рельса, т.к. является распределенной нагрузкой по длине рельса).

На рисунке 2 схематически изображен однокольный рельсовый путь от Минска и до города-спутника. Путь начинается в Минске с накопителя 1 инфобусов и заканчивается накопителем 2 инфобусов в городе-спутнике. Между началом и концом трассы расположены k промежуточных остановок. Путь реверсный.

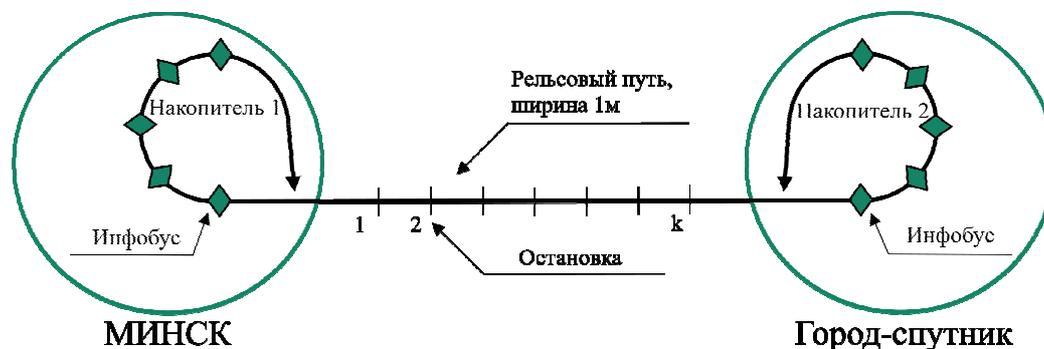


Рисунок 2. – Реверсная кассетно-конвейерная трасса

На рисунке 3 изображена схема однокольного рельсового пути. Трасса пути отгорожена от полос движения автомобилей ограждением. Реальный вид ограждения показан на рисунке 4, где в пространстве ограждения движется кассета из двух инфобусов.

Из препятствий, встречаемых в заданном направлении Заславль–МКАД, можно выделить основания эстакад путепроводов, расположенных на пути проектируемой кассетно-конвейерной трассы. Два места, где встречаются такие препятствия, – при выезде из Заславля и при въезде в Ратомку. Для решения проблемы необходимо скоростную кассетно-конвейерную линию пустить в обход основаниям эстакад путепровода, сместив полосу движения за счет обочины; ширина обочины позволяет это сделать.

Структура и функционирование суперскоростной транспортной системы Минска с городами-спутниками. Кассетная, роботизированная, скоростная транспортная система массовой конвейерной перевозки пассажиров между Минском и городами-спутниками состоит из выделенного узкого пути (рельсовый), расположенного по центру магистрали и изолированного от полос автомобильного движения как слева, так и справа от них ограждением (рисунки 3, 4). На всем протяжении рельсового пути рядом с промежуточными населенными пунктами выполнены остановки закрытого типа посадки и высадки пассажиров, снабженные входными терминалами (рисунок 5). Пассажир, проходя через турникет остановочного пункта, оплачивает проезд и одновременно указывает свою станцию назначения. Эти сведения со всех остановок поступают на сервер системы, где формируются матрицы корреспонденций.

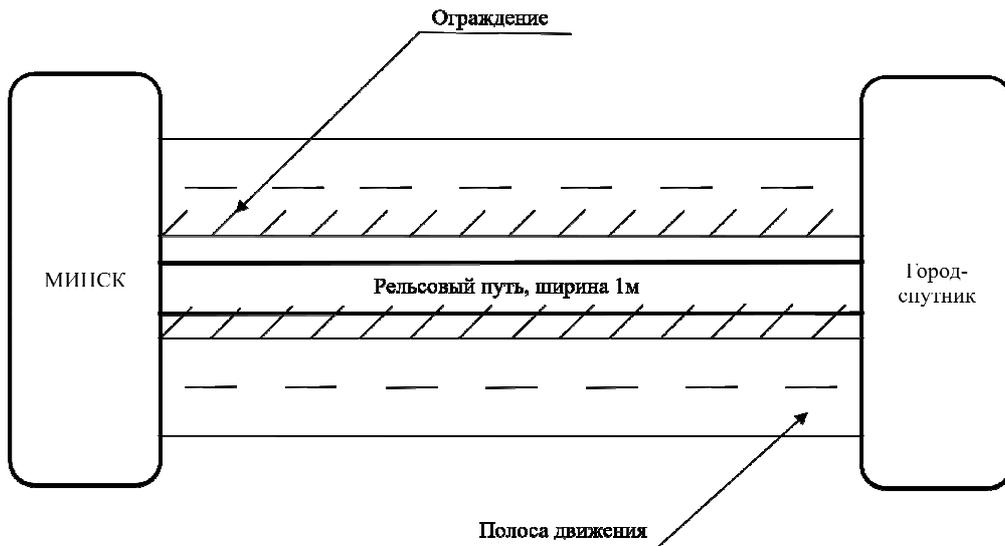


Рисунок 3. – Схема кассетно-конвейерной трассы

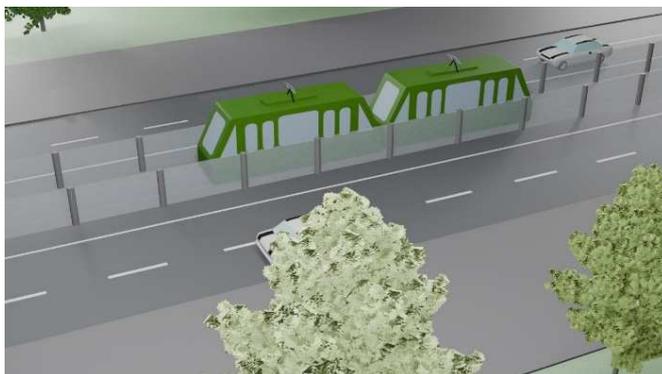


Рисунок 4. – Кассетно-конвейерная линия Заславль–МКАД

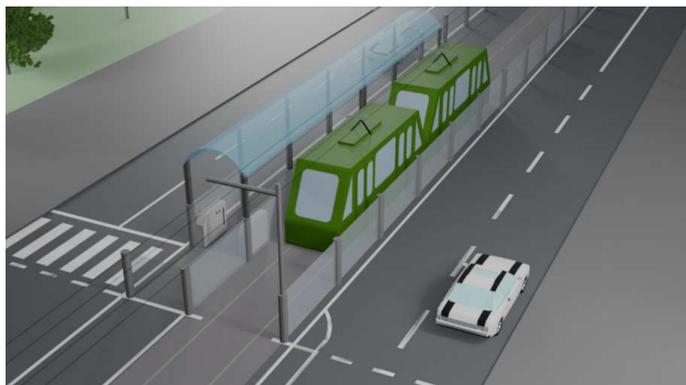


Рисунок 5. – Остановочный пункт с посадкой через пешеходный переход

Беспилотные автономные минитрамваи (инфобусы) небольшого объема в 40 пассажиров базируются в накопителях 1 и 2, расположенных в конечных пунктах маршрута (см. рисунок 2). Каждый инфобус оборудован компьютером, связанным с сервером системы, команды с которого он обрабатывает автономно под управлением собственного компьютера.

На основе данных со всех остановок строятся две матрицы корреспонденций: *M1* – прямого направления; *M2* – обратного направления поездок пассажиров.

Матрица прямого направления движения *M1* для шести остановочных пунктов изображена на рисунке 6. Под прямым направлением движения инфобусов понимается направление движения от города-спутника к Минску. Граф прямого направления для маршрута из этих шести остановок изображен на рисунке 8. Это утренний перевоз пассажиров со всех остановочных пунктов маршрута от города-спутника (остановка *к*)

до Минска (остановка 1) (см. рисунок 2). Здесь $\kappa = 6$. В это время пассажиры из города-спутника и промежуточных населенных пунктов едут на работу и учебу в г. Минск

Здесь $m_{21}, m_{31}, m_{41}, m_{51}$ и M_{61} – число пассажиров, ожидающих транспорт на остановках, соответственно, 2, 3, 4, 5 и 6 для поездки в Минск (1). Из города-спутника число пассажиров M_{61} наибольшее, т.к. население его намного больше промежуточных станций (см. рисунок 1, таблицу 1). В матрице прямого направления символы $\Delta_{32}, \Delta_{42}, \Delta_{52}, \Delta_{62}, \Delta_{43}, \Delta_{53}, \Delta_{63}, \Delta_{54}, \Delta_{64}$ и Δ_{65} означают очень малую величину, т.к. это перевозки между промежуточными на трассе небольшими населенными пунктами.

Матрица обратного направления движения $M2$ для шести остановочных пунктов изображена на рисунке 7. Под обратным направлением движения инфобусов понимается направление движения от Минска к городу-спутнику. Граф обратного направления для маршрута из этих шести остановок изображен на рисунке 9. Это вечерний вывоз пассажиров из Минска (остановка 1) до всех остановочных пунктов маршрута и до города-спутника (остановка 6). В это время пассажиры из Минска возвращаются домой.

Обозначения $m_{12}, m_{13}, m_{14}, m_{15}, M_{16}, \Delta_{23}, \Delta_{24}, \Delta_{25}, \Delta_{26}, \Delta_{34}, \Delta_{35}, \Delta_{36}, \Delta_{45}, \Delta_{46}, \Delta_{56}$ в матрице обратного направления движения $M2$ относятся к обратному направлению движения инфобусов (от Минска к городу-спутнику) и аналогичны прямому направлению. Кассеты из инфобусов двигаются попеременно от города-спутника к Минску и, наоборот, от Минска к городу-спутнику, делая промежуточные остановки, если это необходимо, т.е. если с промежуточной остановки есть запрос на перевозку. В противном случае кассета проезжает текущую остановку не останавливаясь. В случае запроса на перевозку останавливается не вся кассета, а только последний в кассете инфобус. Он забирает с этой остановки пассажиров и затем самостоятельно продолжает движение. Он может догнать кассету либо самостоятельно прибыть на конечную остановку.

$$\begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ m_{21} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ m_{31} & \Delta_{32} & 0 & 0 & 0 & 0 \\ m_{41} & \Delta_{42} & \Delta_{43} & 0 & 0 & 0 \\ m_{51} & \Delta_{52} & \Delta_{53} & \Delta_{54} & 0 & 0 \\ M_{61} & \Delta_{62} & \Delta_{63} & \Delta_{64} & \Delta_{65} & 0 \end{pmatrix}$$

$$\begin{pmatrix} 0 & m_{12} & m_{13} & m_{14} & m_{15} & M_{16} \\ 0 & 0 & \Delta_{23} & \Delta_{24} & \Delta_{25} & \Delta_{26} \\ 0 & 0 & 0 & \Delta_{34} & \Delta_{35} & \Delta_{36} \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \Delta_{45} & \Delta_{46} \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \Delta_{56} \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

Рисунок 6. – Матрица $M1$ прямого направления движения инфобусов

Рисунок 7. – Матрица $M2$ обратного направления движения инфобусов

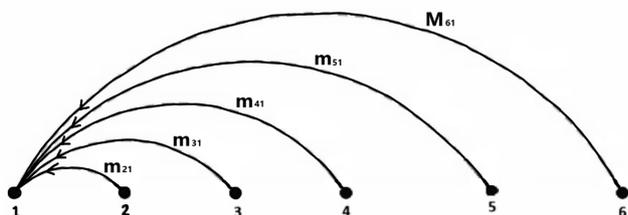


Рисунок 8. – Граф прямого направления движения инфобусов

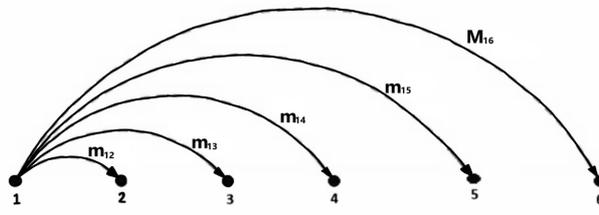


Рисунок 9. – Граф обратного направления движения инфобусов

Параметры инфобуса (суперскоростного трамвая). Внутренний салон инфобуса имеет размеры: в длину 6 м, в ширину 1 м (по ширине рельсового пути). Внешняя ширина инфобуса составляет всего 1,2 м. Она небольшая и в совокупности с внешним ограждением составляет довольно узкий коридор в 1,4 м, в котором движутся кассеты инфобусов. Этим обеспечивается возможность внесения ее в любую улично-дорожную сеть без больших материальных затрат. Площадь инфобуса $S = 6 \times 1 = 6 \text{ м}^2$. При плотности 6 пасс./м² (допускается от 4 и до 8 пасс./м²) объем (пассажироместимость) инфобуса составит $V = 6 \times 6 = 36$ пасс. Берем $V = 40$ пасс.

В Европе легкорельсовый городской транспорт имеет объем от 200 и до 300 пассажиров., что крайне неудобно и очень затратно при колеблющемся пассажиропотоке. В нашем случае транспортное средство любого объема формируется мгновенно. Так, для 200 пассажиров необходима кассета из 5 инфобусов и т.д.

Мест для сидения в инфобусе – минимальное (2–5). Связано это с тем, что маршрут в одну сторону в 10 км он проезжает за 6 мин при средней скорости 100 км/ч. Среднее время нахождения пассажира в инфобусе составляет 3 мин. Расстояние от города-спутника Заславль в 12,5 км до Минска он преодолит за 7,5 мин.

Таким образом, кассетность, конвейерность, синхронизированность и высокая алгоритмизированность процессов позволяют данной транспортной системе достичь параметров метро, а по некоторым позициям значительно превзойти их.

Перечислим основные качества суперскоростной трамвайной системы (таблица 2). Полная адаптивность к пассажиропотоку; быстрое формирование транспортного средства любого объема; высокая энергоэкономичность; малое время ожидания транспорта пассажиром; низкие амортизационные расходы; высокая транспортная доступность.

Таблица 2. – Сравнительная характеристика суперскоростного и скоростного трамвая

Скоростной трамвай	Суперскоростной трамвай	Преимущества
Система функционирует при управлении человеком	Система функционирует при полном отсутствии человека	Высокий уровень безопасности движения. Сокращение числа ДТП, травм и смертей. Минимизация негативного влияния человеческого фактора, который по статистике является причиной почти 80% ДТП
Нет единого контура управления	Система беспилотный суперскоростной трамвай увязана единым контуром управления	Единая система управления обеспечивает оптимальный режим эксплуатации без простоев и неэффективного использования транспортных средств
Система слабо адаптирована к пассажиропотоку	Система максимально адаптирована к пассажиропотоку	Система работает по требованию пассажира на обслуживание и перевозку с минимальным временем ответа на запрос
Общественный транспорт	Сочетает в себе признаки личного и общественного транспорта	Высокая провозная способность, минимальное время на ожидание транспорта
Выделенная полоса в общем потоке движения транспорта	Выделенная специально оборудованная полоса	Эффективное использование пропускной способности дорог. Оптимальный скоростной режим существенно сократит дорожные заторы
Работает по графику	Работает по ежедневно 24 ч	Высокие потребительские качества
Средняя скорость движения 25–30 км/ч	Высокая средняя скорость движения 60–90 км/ч	Увеличение провозной способности системы в 1,5 раза. Сокращение времени поездки пассажира
Средняя провозная способность 25 тыс. пасс./ч	Высокая провозная способность 33,3 тыс. пасс./ч	Высокая степень удовлетворения потребностей населения в перевозках
Высокий уровень изнашиваемости механических частей транспорта	Низкий уровень изнашиваемости механических частей транспорта	Сокращение эксплуатационных затрат
Высокий уровень расхода электроэнергии на километр пути	Низкий уровень расхода электроэнергии на километр пути	Экономия электроэнергии
Наличие водителя трамвая	Отсутствие водителя	Экономия на заработной плате водителя

Заключение. В мире наблюдается возрождение интереса к трамвайным системам. Во многих передовых странах Европы активно развиваются новые скоростные трамвайные линии (LRT). Обычные трамваи превращаются в высокоскоростной транспорт благодаря выделению отдельных путей, исключая взаимодействие с другим уличным движением, а также увеличению расстояний между остановками. Однако последнее решение снижает транспортную доступность для пассажиров. Появление концепции суперскоростного трамвая на основе кассетно-конвейерной транспортной технологии открывает новые перспективы. Впервые становится возможным создание принципиально новой трамвайной системы – суперскоростного LRT. Такая система способна обеспечить провозную способность, сопоставимую с метрополитеном, и в 80% случаев может стать альтернативой дорогостоящему строительству метро.

В рамках данной работы предстояла задача проанализировать возможность связи городов-спутников с Минском высокотехнологичной суперскоростной рельсовой трассой на базе инновационной технологии кассетно-конвейерной перевозки пассажиров. Анализ показал, что такой проект имеет высокий потенциал для решения существующих транспортных проблем, улучшения качества жизни и создания устойчивой городской среды.

ЛИТЕРАТУРА

1. Головки В.А., Матюшков Л.П., Шуть В.Н. Основы искусственного интеллекта. – Брест, 2010. – 112 с.
2. Шуть В.Н., Персия Л. Интеллектуальные робототехнические транспортные системы. – Брест: БрГТУ, 2017. – 230 с.
3. Шуть В.Н., Швецова Е.В. Кассетно-конвейерная технология скоростных систем городских пассажирских перевозок. – Брест: БрГТУ, 2023. – 207 с.
4. Ракитский А.В., Шуть В.Н. Робототехническая транспортная система // Информационные технологии и системы 2013 (ИТС 2013): материалы Междунар. науч. конф. / Минск, Беларусь (23 окт. 2013 г.). – Минск: БГУИР, 2013. – С. 82–83.
5. Пролиско Е.Е., Шуть В.Н. Новый тип высокопроизводительного общественного городского транспорта // Перспективы развития транспортного комплекса: материалы II Междунар. заоч. науч.-практ. конф. / Минск (4–6 окт. 2016 г.). – Минск, 2016. – С. 11–14.

6. Пролиско Е.Е., Шуть В.Н. Роботизированный городской транспорт кассетно-конвейерной перевозки пассажиров // Развитие информатизации и государственной системы научно-технической информации: докл. XV Междунар. конф. / Минск (17 нояб. 2016 г.). – Минск, 2016. – С. 86–91.
7. Капский Д.В., Пролиско Е.Е., Шуть В.Н. Система городского общественного транспорта будущего // Автомобильные дороги: безопасность и надежность: сб. докл. Междунар. науч.-техн. конф. В 2 ч. / Минск (22–23 нояб. 2018 г.) / БелдорНИИ. – Минск, 2018. – Ч. 1. – С. 194–202.

Поступила 29.07.2025

**APPLICATION OF CASSETTE-CONVEYOR TECHNOLOGY
FOR HIGH-SPEED URBAN PUBLIC TRANSPORT SYSTEMS
TO CONNECT SATELLITE CITIES WITH MINSK**

D. SHORAKH, V. SHUTS
(Brest State Technical University)

This paper explores the application of cassette-conveyor technology in high-speed public transportation to establish efficient connections between Minsk and its satellite towns. The principles of system operation are described, highlighting its advantages in reducing transportation load and improving agglomeration connectivity. A concept for integration into the existing transportation network is proposed.

Keywords: *cassette-conveyor technology, transport integration, transportation system, high-speed transport, modular transport systems.*