

КАПСКИЙ Д. В., д-р техн наук, доц.,  
декан автотракторного факультета  
E-mail: d.kapsky@bntu.by

БОГДАНОВИЧ С. В., канд. техн. наук, доц.,  
зав. кафедрой «Транспортные системы и технологии»  
E-mail: oapdd@bntu.by

Белорусский национальный технический университет, г. Минск, Республика Беларусь

Поступила в редакцию 07.07.2022.

## БИОНИЧЕСКОЕ РАЗВИТИЕ ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ ГОРОДОВ

*В крупнейших городах, следует внедрять политику по бионическому развитию транспортных систем и применению естественных подходов к регулированию транспортного спроса, повышению привлекательности маршрутного пассажирского транспорта и его конструкции, развитию средств индивидуальной мобильности и немоторизованного транспорта. Следует отметить, что проблемы городской транспортной системы очень многогранны и сложны, должен строиться на основе бионических подходов, очевидных и понятных, направленных на устойчивое развитие городской транспортной системы и города в целом.*

**Ключевые слова:** город, бионика, устойчивость, бионическое развитие, транспортная система.

### Введение

Тренд последнего времени – быстрая урбанизация [1]. Уже с 2007 года более 50 % населения мира проживает в агломерациях (городах), а к 2050 – будет проживать более 70 % [2, 3]. Это требует разработки новых подходов к транспортной планировке городов, планированию городского пространства, инженерной транспортной инфраструктуры, особенно с учетом экологического воздействия транспорта на городские экосистемы [4]. Неукоснительный рост городского населения, без условно, влияет на расширение городских территорий, увеличивает спрос на грузовой и пассажирский транспорт (устойчивую мобильность). Как известно, предметом бионики является изучение того, какие природные процессы или структуры могут дать человеку новые возможности, понизить энергопотери, улучшить различные показатели и адаптируемость пространства или объектов к окружающей среде; в рамках науки, в случаях, когда это приемлемо, разрабатываются и новые принципы формообразования, эстетики [5, 6]. Она включает два основных направления. Первое – строительство с применением материалов, обладающих свойствами природных тканей – растительных и животных (биоматериаловедение).

Основные задачи, которые решает биоматериаловедение – не только «зеленое» строительство, но и повышение прочности и долговечности конструкций [7–9]. Второе – создание новых конструкций, в основе которых лежит принцип функционирования и устройства организмов (биотектоника). Любое живое существо на нашей планете представляет собой совершенную систему, идеально приспособленную к окружающей среде. Природа разрабатывала эти механизмы на протяжении миллиардов лет, теперь ученые хотят использовать ее «опыт» на благо человечества [10–12].

### Устойчивость в несимметричном и неустойчивом?

Перспективным направлением в бионике является создание слоистых конструкций по принципу устройства ракушек глубоководных моллюсков. Они состоят из мягких и жестких пластинок, чередующихся между собой, – если в жесткой пластине появляется трещина, повреждение поглощает мягкий слой. Такое решение уже давно используется при проектировании элементов пассивной безопасности автомобилей (например, бамперов). Также клеточная структура живых организмов – многослойная

конструкция из взаимосвязанных спиц, которая обеспечивает поддержку в трех измерениях для большей амортизации шины Хэнкук. Так, казалось бы, неустойчивые, различные, по сути, и непохожие по содержанию и размерам ячейки, становятся надежной защитой человеку в его транспортной жизни. Снизилась скорость сооб-

щения, ухудшились режимы движения, появились перегрузки, возросло количество аварий. Именно поэтому качество транспортных систем выходит на первый план, принося не только положительные, но и отрицательные эффекты в городскую жизнь (рисунок 1).



Рисунок 1 – Подходы к оценке влияние автомобилизации на человека

Быстрая урбанизация вызывает динамичное развитие городских территорий, что в свою очередь создает серьезные проблемы для предоставления транспортных услуг растущему населению. Требуется трансформация экологичной, устойчивой городской транспортной системы с учетом бионических подходов, включая учет транспортных, экономических, экологических и социальных аспектов (рисунок 2 и 3).

Таким образом, устойчивое развитие отвечает потребностям настоящего без ущерба для способности будущих поколений для удовлетворения своих собственных потребностей [6]. А как этого достичь, если не примеряя естественные, бионические подходы!?

Бионическая инженерия – это инновационное биомоделирование или изучение природы. По сути бионика представляет собой поиск приемлемых для человека решений проблем и задач, используя естественные принципы, дает

инженерам возможность использовать это творчество в развитии материалов, конструкций и процессов (причем нет строгой процедуры для определения того, какой организм или живая система являются наиболее подходящими). На рисунке 4 показана фотография города Минска – его радиально-кольцевой структуры транспортной системы, такой же, как и в Москве, Киве. Напоминает паутину, в которой центр – ступица – где находится паук, свободная зона (аналог срединной зоны города) и ловчая спираль (немного не доходит до «ступицы», оставляя свободную зону) – на периферийной зоне, чтобы держать нагрузку из обильных жертв, схваченных сетью. Эта планировочная структура определяется пауком возможностью создания удобной, постоянной и надежной взаимосвязи всех частей паутины = города.



Рисунок 2 – Мировоззренческие аспекты использования дорожных транспортных средств



Рисунок 3 – Роль транспортной системы в логистике города



Рисунок 4 – «Паутина» города: Минск

В этом случае налажена хорошая связь между окраинами, куда попадает жертва, и центром, где располагается паук. Однако при такой схеме затруднены связи периферийных районов друг с другом, но этого пауку и не требуется! Поэтому такая транспортная система требует внимания к проблеме развития центра и роста интенсивности движения в его пределах – в центр к пауку жертвы (личный транспорт множества) попасть не должны, ибо порвется (перегрузится) паутина! На таком простом примере проиллюстрированы принципы системности транспортной системы бионического города: отход от механического сложения элементов транспортного каркаса города к их функциональной гармонии, к взаимосвязи всех их частей, к единству целого и частного, к подчинению частного целому. В этом случае проявляются корреляция и компенсация – регуляторы

целостности живых организмов. Необходимо отметить принцип саморегуляции – накопление информации электронным мозгом транспортной системы о всех сторонах жизни города и потребностях в различных перемещениях и на этой основе управление его развитием (перемещение населения в соответствии с потребностями производства и емкостью транспорта, размещение производственных предприятий и построение транспортных сетей, изменение положения районных административных центров, размещение «легких» города – его зеленых насаждений и т. д.), поддержание постоянства благоприятной среды — гомеостаза города. Этот принцип особенно актуален в современных условиях, когда можно просто, не выходя из комнаты, распечатать город на 3D-принтер (iГород).



Рисунок 5 – «Вертикальные леса» – бионическое компактное комфортное расселение (Китай, жилой квартал, архитектор Стефано Боэри; 2022)



Рисунок 6 – Бионика в конструкции транспортных средств

Для устойчивого развития требуется больше комфортных пространств (рисунок 5, компактное жизнеобеспечивающее расселение, физическая и финансовая доступность, использование возобновляемых источников энергии (солнечной и ветровой), при обеспечении удобства и интермодальности, безопасности (вкладываемое комплексное понятие). Это позволит минимизировать использование транспорта и гармонично использовать все виды маршрутного пассажирского транспорта и средств индивидуальной мобильности (в том числе транспорт совместного пользования и воздушную мобильность (вертикальные и горизонтальные виды транспорта (рисунок 6).

Все это радикально влияет и на списки будущих профессий, и на инфраструктуру обитания в городах, и на образ жизни, и на индустрии производств продуктов и образовательных услуг (особенно сферы переподготовки кадров и личностного роста) и многое другое. И отдавая заботу на сторону, он перестает быть самим собой. Происходит уход человека в виртуальный мир и выстраивание в нем иного образа жизни. Данный аспект интенсифицировался с распространением коронавируса. «Волны» захлестнули не только больницы, но и умы. Произошло резкое смещение ценностного центра из реального социального мира – в другой, тоже реальный, но виртуальный мир (рисунок 7).



Рисунок 7 – Виртуальные «транспортные» системы (транспортируем – вплоть до мысли?)

Например, Facebook в 2021 году заявил об амбициозных планах по построению мира виртуальной реальности («Метавселенной»). На лицо перемещение «транспортных проблем» в виртуальные миры. Происходит радикальная смена идентичности человека за счет мобильности в открытом мире – формируется «homo mobiles». Человек демонстрирует «сидячую» мобильность: в самолете (беспилотном авто), с

мобильником, планшетом и в социальных сетях. В силу этого формируется и соответствующая идентичность – биомех или киборг. Это не техническое устройство, а гибрид человека и машины. И, кстати, телесный вид давно начал изменяться – меняются ноги, руки, органы человека, и даже говорят о сканировании и замене его мозга. Некое бионическое функциональное устройство, в котором в принципе все его части заменимы на более долговечные, в результате чего получается «постчеловек».

## Выводы

В современном городе должны применяться новые биопозитивные, экологичные решения транспортной системы – как жизненно важного органа для существования города, как единого, целостного организма. На основе краткого анализа бионического подхода к созданию транспортных объектов и систем можно заключить, что бионика – мировое передовое направление развития инженерной мысли, которое имеет меж(мульти)дисциплинарный характер. Но она на сегодняшний день не заняла должного места в проектировании транспортных систем как на постсоветском пространстве, так и в мире, поэтому данное направление нуждается в дальнейшем развитии, ведь бионический подход позволяет сократить разрыв между техногенным миром и природой, придав устойчивость любым технологическим решением, оставляя за человеком возможность развиваться.

## Литература

1. World urbanization prospects: The 2014 revision [Electronic resource]. – Mode of access: [https://population.un.org/wup/publications/files/wup\\_2014-report.pdf](https://population.un.org/wup/publications/files/wup_2014-report.pdf). – Date of access: 07.07.2022.
2. United Nations. World urbanization prospects: The 2005 revisions. [Electronic resource]. – Mode of access: [https://digitallibrary.un.org/record/622619/files/WUP\\_2005.pdf](https://digitallibrary.un.org/record/622619/files/WUP_2005.pdf) – Date of access: 07.07.2022.
3. Chester, M. V. Environmental assessment of passenger transportation should include infrastructure and supply chains/ M. V. Chester, A. Horvath. – Environ. Res. Lett. 2009.
4. Устойчивые города: почему это важно [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://www.un.org/ru/development/devagenda/pdf/Russian\\_Why\\_it\\_matters\\_Goal\\_11\\_Cities.pdf](https://www.un.org/ru/development/devagenda/pdf/Russian_Why_it_matters_Goal_11_Cities.pdf). – Дата доступа: 07.07.2022.
5. Архитектурная бионика / Рабинович В. И., [и др.]; под ред. Ю.С Лебедева. – Москва, 1990. – 269 с.

6. Brundtland, G. H. Our common future: The World Commission on Environment and Development [Electronic resource]. – Mode of access: <https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/5987our-common-future.pdf>. – Date of access: 07/07/2022

7. Система городского общественного транспорта будущего : сб. докладов НТК «Автомобильные дороги: безопасность и надежность», часть 1, 22–23 ноября 2018 года / Капский Д. В., Пролиско Е. Е., Шуть В.Н. ; ОНТИ ГП «Белорусский дорожный научно-исследовательский институт «БелдорНИИ». – С. 194–202.

8. Транспорт в городах, удобных для жизни / Вучик В. Р., Калинин А. – М. : ИД Тер. будущего, 2011. – 576 с.

9. Brueckner, J. K. Lectures on urban economics / J. K. Brueckner. – Cambridge, Mass.: MIT Press, 2011. – 285p.

10. Капский, Д. В. Проблемы городской логистики симбиотических городов / Автомо-

бильные перевозки и транспортная логистика: теория и практика : сборник научных трудов кафедры «Организация перевозок и управление на транспорте» (с международным участием) / под научн. ред. Е. Е. Витвицкого. – Омск : СибАДИ, 2021. – С. 37–43.

11. Капский, Д. В. Устойчивая логистика умных симбиотических городов / Д. В. Капский, С. В. Богданович // Проблемы безопасности на транспорте: материалы XI Междунар. науч.-практ. конф. (Гомель, 25–26 ноября 2021 г.): в 2 ч / М-во трансп. и коммуникаций Респ. Беларусь, Бел. ж. д., Белорус. гос. ун-т трансп.; под общ. ред. Ю. И. Кулаженко. – Гомель : БелГУТ, 2021. – Ч. 1. – С. 22–24.

12. Как Facebook планирует зарабатывать на своей «Метавселенной»? / [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://marketinfo.pro/news/kak-facebook-planiruet-zarabatyvat-na-svoej-metavselennoj>. – Дата доступа: 07.07.2022.

UDC 656

KAPSKI Denis V., D. Sc. in Eng., Ass. Prof.,  
Dean of the Faculty of Automotive Engineering  
E-mail: d.kapsky@bntu.by

BOGDANOVICH Sergey V., Ph.D., Ass. Prof.,  
Head of the department «Transport systems and technologies»  
email: oapdd@bntu.by

Belarusian National Technical University, Minsk, Republic of Belarus

Received 07 July 2022

## BIONIC DEVELOPMENT OF URBAN TRANSPORT SYSTEMS

*The modern city is an extremely complex, self-developing organism, trying to make its transport system more sustainable. This becomes even more urgent in a pandemic. Therefore, especially in the largest cities, it is necessary to implement a policy on the bionic development of transport systems and the use of natural approaches to regulating transport demand, increasing the attractiveness of route passenger transport and its design, developing means of individual mobility and non-motorized transport. It should be noted that the problems of the urban transport system are very multifaceted and complex, they require coordination of the efforts of the public and private sectors of the economy, which is very fragmented, with different and conflicting views and goals, reacts sharply to changes in the urban (transport) environment and should be built on the basis of bionic approaches, obvious and understandable, aimed at the sustainable development of the urban transport system and the city as a whole..*

**Key words:** city, bionics, sustainability, bionic development, transport system.

## References

1. World urbanization prospects: The 2014 revision [Electronic resource]: ST/ESA/SER.A/366. – Mode of access: <https://population.un.org/wup/publications/files/wup2014-report.pdf>. – Date of access: 07.07.2022.
2. United Nations. World urbanization prospects: The 2005 revisions. [Electronic resource]. – Mode of access: [https://digitallibrary.un.org/record/622619/files/WUP\\_2005.pdf](https://digitallibrary.un.org/record/622619/files/WUP_2005.pdf) – Date of access: 07.07.2022.
3. Chester, M. V. Environmental assessment of passenger transportation should include infrastructure and supply chains/ M. V. Chester, A. Horvath. – Environ. Res. Lett. 2009.
4. Sustainable cities: why is it important [Electronic resource]. – Mode of access: [https://www.un.org/ru/development/devagenda/pdf/Russian\\_Why\\_it\\_matters\\_Goal\\_11\\_Cities.pdf](https://www.un.org/ru/development/devagenda/pdf/Russian_Why_it_matters_Goal_11_Cities.pdf). – Date of access: 07.07.2022. (in Russian).
5. Architectural Bionik / Rabinovich V.I., [et al.]; Ed. Yu.S. Lebedev. – Moscow, 1990. – 269 p. (in Russian).
6. Brundtland, G. H. Our common future: The World Commission on Environment and Development [Electronic resource]. – Mode of access: <https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/5987our-common-future.pdf>. Date of access: 07/07/2022.
7. The system of urban public transport of the future / D. V. Kapsky, E. E. Prolisko, V. N. Shut / Collection of reports of MNTK «Automobile Roads: Safety and Reliability». – Part 1, 22–23 of November 2018. – ONTI «Belarusian Road Research Institute «SE Beldornii». – P. 194–202. (in Russian).
8. Transport in cities convenient for life / A. Kalinin. – M.: Territory of the future, 2011. – 576 p. (in Russian).
9. Brueckner, J. K. Lectures on urban economics / J. K. Brueckner. – Cambridge, Mass.: MIT Press, 2011. – 285 p.
10. Kapsky, D. V. Problems of urban logistics of symbiotic cities / automobile transportation and transport logistics: theory and practice: collection of scientific works of the department «Organization of transportation and management of transport» (with international participation) / under scientific. Ed. E. E. Vitvitsky. – Omsk: Sibadi, 2021. – P. 37–43. (in Russian).
11. Kapsky D. V. Sustainable logistics of smart symbiotic cities / D. V. Kapsky, S. V. Bogdanovich / Problems of safety in transport: Materials of the XI Intern. Scientific and practical. Conf. (Gomel, November 25–26, 2021): in 2 parts. – Part 1 / BelGUT Under the general. Ed. Yu. I. Kulazhenko. – Gomel: BelGUT, 2021. – P. 22–24. (in Russian).
12. How does Facebook plan to make money on its «metavselnaya»? [Electronic resource]. – Mode of access: <https://marketinfo.pro/news/kak-facebook-planiruet-zarabatyvat-na-svoej-metavselnoy>. – Date of access: 07.07.2022. (in Russian).