

НАУЧНАЯ СТАТЬЯ

УДК 72.017.9

DOI: 10.52957/27821919_2022_4_72

Архитектура без границ

С.В. Расторгуев, П.В. Петрова

Семён Васильевич Расторгуев

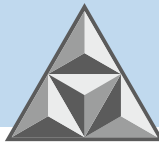
Ярославский государственный технический университет, Ярославль, Российская Федерация

rastorguevsv@ystu.ru

Полина Вячеславовна Петрова

Ярославский государственный технический университет, Ярославль, Российская Федерация

polina78435@gmail.com



Рассматривается использование архитектурных методов для создания структур в новых средах (архитектура на воде, под водой и в космосе, а также учитывающая повышение уровня мирового океана в течение столетия). Выявлены образы, которые могут принимать архитектурные сооружения, и мимикрия сооружений в экстремальных климатических условиях. Изучаются глобальные вопросы о границах проектирования и пересечения архитектуры с другими науками. Авторы представляют проектные решения в области поиска материалов с новыми свойствами, разработки конструкций с недостижимыми ныне прочностными характеристиками. Кроме того, предлагаются новые технологий сбора и передачи энергии способами, которые в настоящее время представлены только в области фундаментальных исследований. Архитектура с точки зрения исследовательских горизонтов и значительных временных и территориальных пространств приобретает гуманитарные качества переноса, транслирования информации и опыта, накопленного цивилизацией.

Ключевые слова: архитектура, биомимикрия, геостационарная орбита, солнечный парус, циклер, повышение уровня мирового океана, графеновая нанотрубка

Для цитирования:

Расторгуев С.В., Петрова П.В. Архитектура без границ // *Умные композиты в строительстве.* 2022. Т. 3, № 4. С. 72-98. URL: http://comincon.ru/index.php/tor/issue/view/V3N4_2022.

DOI: 10.52957/27821919_2022_4_72



SCIENTIFIC ARTICLE

DOI: 10.52957/27821919_2022_4_72

Architecture without Borders

S.V. Rastorguev, P.V. Petrova

Semen V. Rastorguev

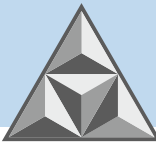
Yaroslavl State Technical University, Yaroslavl, Russian Federation

rastorguevsv@ystu.ru

Polina V. Petrova

Yaroslavl State Technical University, Yaroslavl, Russian Federation

polina78435@gmail.com



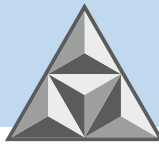
The use of architectural approaches to create structures in new environments (architecture on water, underwater and in space, as well as taking into account the rise of world ocean level throughout the century) is considered. The images that architectural structures can take and the mimicry of structures in extreme climate conditions are revealed. Global questions about the boundaries of design and the interaction of architecture with other sciences are studied. The authors present design solutions in the search for materials with new properties and the development of structures with currently unattainable strength characteristics. Furthermore, new technologies are proposed for collecting and transmitting energy in ways that are currently only represented in the field of basic research. Architecture, in terms of research horizons and significant temporal and territorial spaces, gains the human qualities of transferring, communicating the information and experience accumulated by the civilization.

Key words: architecture, biomimicry, geostationary orbit, solar sail, cyclor, world ocean level rise, graphene nanotube

For citation:

Rastorguev, S.V. & Petrova, P.V. (2022) Architecture without Borders, *Smart Composite in Construction*, 3(4), pp. 72-98 [online]. Available at: http://comincon.ru/index.php/tor/issue/view/V3N4_2022 (in Russian).

DOI: 10.52957/27821919_2022_4_72



ВВЕДЕНИЕ

В настоящей работе рассматривается ряд проектов-исследований, выходящих за границы традиционных представлений об архитектуре. Такие исследования проводились с целью поиска архитектурных форм, конструкций, инженерных и научных решений в условиях изменяющегося климата, а также применительно к архитектуре в новых средах.

Рассматривали следующие направления исследований и проектирования:

- архитектура, адаптирующаяся к повышению уровня мирового океана;
- архитектура в водной среде;
- архитектура в космосе.

В большинстве случаев применялось концептуальное проектирование для относительно удалённого будущего, на дальнюю перспективу. Соответственно, рассматривались инновационные инженерные решения и материалы, которые в данный момент находятся на ранних стадиях разработки. Также были выделены направления, по которым только предстоит выдать адекватные архитектурные или инженерные ответы на задачи, поставленные в рамках концептуальной разработки проектов.

Об актуальности подобных исследований свидетельствует большое число публикаций в российских и зарубежных журналах, в частности, «Татлин» [1], «l'Arca International» [2], Морском атласе XXI века «La Terre est Bleue», Marine nationale française [3]. Такие проекты экспонировались на архитектурных выставках «Арх-Москва», «Exhibition of the projects the Jacques Rougerie Foundation Competition in the National School of Architecture Paris-Val-de-Seine» [4].

ДИСКУССИОННЫЙ АСПЕКТ: ГДЕ ПРОХОДЯТ ГРАНИЦЫ АРХИТЕКТУРЫ

В нашем быстро меняющемся мире любая область человеческого познания может выйти на новые рубежи. Это касается и классического разделения научных дисциплин, и областей их исследования. Возникает вопрос: границы наук существуют или искусственно создаются рамки, с целью упрощения исследований и расчётов? В любом случае, можно рассуждать о том, что, поднявшись чуть выше над уровнем горизонта, мы имеем новые области изучения и не спрашиваем у конкурентов, работающих по смежным специальностям, не зашли ли мы на их территорию. Согласно теории Большого взрыва и бесконечно расширяющейся Вселенной, генетика пространственно-временного континуума подразумевает поступательное расширение областей познания, что выглядит закономерным.

Обратимся к архитектуре: понятно, что за границами привычных планов, фасадов, локального благоустройства и улучшения эстетического восприятия окружающей среды существуют области, которые, казалось бы, в большей степени относятся к прогнозированию изменения климата, различных погодных катастроф и других метеорологических процессов, переворачивающих нашу привычную уютную среду обитания с ног на голову. Теоретические прогнозы глобального потепления и, как следствие, глобального наводнения гласят: «к 2070 г. уровень мирового океана повысится примерно на 1 м» (без учёта спонтанных сценариев развития событий).

Нами предлагается рассмотреть ряд архитектурных проектов, направленных на исследование, прогнозирование и учёт новых условий изменчивого мира в архитектуре будущего. Некоторое время назад была создана исследовательская группа, разрабатывающая проекты в сфере архитектуры будущего, архитектурной футурологии и отвечающая на



конкретные вызовы изменения среды обитания человечества. Рассматривались эпизоды жизни в условиях повышения уровня мирового океана, архитектуры на воде и под водой и архитектуры в космосе. Разрабатываемые проекты участвовали в ряде международных конкурсов, некоторые из них оказались в шорт-листе конкурса Fondation Jacques Rougerie Института Франции [4], а другие – получили почётное упоминание конкурса.

Результаты исследований периодически публикуются на сайте «Архитектура и энтропия» [5]. Также в 2022 г. был издан сборник «Альтернатива» [6], где подробно рассмотрены порядка 20 архитектурных проектов подобной тематики.

Приводим здесь краткий обзор нескольких наиболее показательных проектов.

Проект «stream city»

Область проектирования: условная граница атмосферы и космоса – Линия Кармана, орбита Земли – на высоте 100 км [7].

Краткая суть проекта: создание города в ближайшей доступности от Земли на случай драматического развития ситуации с климатом или сверхмощного повышения уровня загрязнений на планете.

Масштаб сооружения: длина $\approx 41\,500$ км (проекция линии экватора на высоту 100 км), ширина ≈ 0.5 км.

Особенности: эффект остановки времени – стабильное время суток в определённых частях города [8].

Существует концепция, согласно которой человечество вполне могло бы сформировать обитаемую среду на ближайших космических телах. Тем не менее процесс колонизации даже ближайшего космоса очень трудоёмок и продолжителен по времени, а ситуация на нашей планете может развиваться непредсказуемо. В этом проекте речь идёт о будущем развития ближнего космоса на том расстоянии от Земли, где уже сейчас находится множество необитаемых и обитаемых рукотворных космических аппаратов.

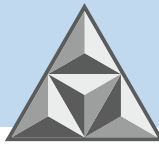
По проекту, Город-Поток (Stream City) опоясывает Землю как кольцо, оставаясь на месте, в то время как планета вращается вокруг своей оси. Город располагается на высоте ≈ 100 км и вращается со скоростью чуть более 1700 км/ч над экватором. Поскольку, с другой точки зрения, земной шар вращается вокруг своей оси в противоположную сторону с такой же скоростью, в системе Земля – Солнце Stream City можно представить как статичную рамку, внутри которой располагается вращающийся земной шар. За год эта система делает один оборот вокруг Солнца, оставаясь всегда развёрнутой (освещённой) стороной Stream City к Солнцу.

В связи с этим в разных частях города всегда наблюдается одно и то же время суток: где-то постоянно день, а где-то – вечер, когда можно бесконечно наблюдать закат Солнца. В Stream City: время = расстояние.

На дневной стороне расположены энергетические системы, солнечные батареи и оранжереи [9], которые питают весь город (рис. 1).

Ночная сторона предоставит место для лабораторий, высокотехнологичных производств, а также размещения творческих кампусов. В промежуточных «вечерних» и «утренних» зонах освещение более мягкое, поэтому там располагается жильё.

Город является универсальным средством передвижения. С помощью космических лифтов и шаттлов можно подняться с поверхности Земли, достичь города и, оставаясь в нём, менее чем за сутки оказаться в любой точке экватора. Идея «космического лифта» [10] состоит в том, что выше геостационарной орбиты висит спутник большой массы, выполняющий



функцию противовеса в системе. От него спускается сверхпрочный трос, по которому лифт перемещается к поверхности Земли [11]. С помощью этого лифта осуществляется коммуникация Stream City с Землёй, доставка грузов, а также конструктивная устойчивость самого города-кольца без привлечения большого количества реактивных двигателей. Гравитация в Stream City будет схожа с земной (по расчётам, на 6% меньше).

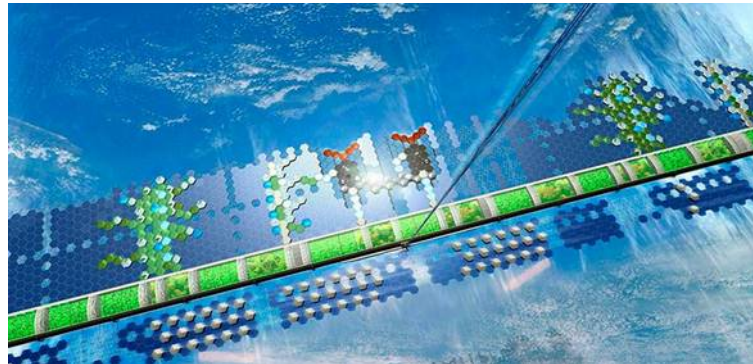


Рис. 1. Визуализация Stream City на орбите на фоне Земли (С. Расторгуев, К. Тихонов)

Fig. 1. Visualization of Stream City orbiting Earth (S. Rastorguev, K. Tikhonov)

Проект «Капля в океане»

Область проектирования: затопленные территории в случае повышения уровня мирового океана на 0.7-1.4 м и выше (прогноз на 2070 – 2100 гг.) [12]; архитектура, адаптирующаяся к повышению уровня мирового океана.

Краткая суть проекта: вокруг главных архитектурных памятников в мировых столицах, попавших на территорию затопления, создаются защитные конструкции, выполняющие одновременно и туристическую функцию.

Приведен пример для Исаакиевского собора в Санкт-Петербурге. Масштаб сооружения – в зависимости от параметров памятника. В случае Исаакиевского собора: $R \approx 110$ м, высота – 40 м. Особенности: кроме защиты от воздействия воды, создаются новые видовые точки на памятник архитектуры, привлекательные для туристов [13].

Этот проект можно считать противоположностью предыдущему в том смысле, что даже в случае всемирных катаклизмов жизнь не покидает Землю, а авторы призывают к безусловной ценности исторической застройки городов.

Постепенно мир изменяется, и города, которые находятся на побережье океанов и морей, будут уходить под воду. В числе таких городов Венеция, Амстердам, Пиза, Гамбург, Копенгаген, Санкт-Петербург и многие другие. Целиком города сохранить вряд ли удастся, однако наиболее ценные и важные памятники истории и архитектуры можно сберечь.

Основная идея проекта заключается в том, чтобы затопленные города мира стали подобием музеев, а не исчезли без следа. Поэтому в каждом из них предлагается сохранить памятники истории и оградить их от бушующей водной стихии. Источником для вдохновения послужила капля воды, образующая при падении на водную гладь «корону», которая ограждает внутреннее пространство и при этом абсолютно гармонирует с окружением. Основная конструкция – пространственная оболочка, напоминающая эту самую «корону» (рис. 2).

Оболочка разбита на полигоны, каркасы которых придают конструкции жесткость. Вокруг памятника находится кольцо обозрения. Оно позволяет посмотреть на памятник архитектуры под новым, недоступным ранее углом – теперь турист уже не может взглянуть на эту историческую архитектуру в контексте города. Объекты становятся уникальными



музейными экспонатами в среде океана. Круговая галерея обозрения опирается на цепь колонн. У колонн конструктивная функция, они укрепляют основание оболочки. Проектом предусмотрены лифты, которые перемещают туристов с уровня галереи на «бывший» уровень земли (и наоборот). Из лифта также есть выход на пирс, к которому причаливают корабли, или доступ к вертолетной площадке.



Рис. 2. Визуализация проекта «Капля в океане» на примере исторических памятников г. Санкт-Петербурга (М. Кудряшов, А. Киселев)

Fig. 2. Visualization of the project "A Drop in the Ocean" using historical monuments of Saint Petersburg as an example (M. Kudryashov, A. Kiselyov)

Обзор памятника архитектуры возможен с галереи обозрения (сохранившейся земной поверхности внутри «Капли») или с поверхности воды мирового океана (палубы корабля, через полупрозрачную ограждающую памятник структуру).

Проект «Ковчеги / Arks»

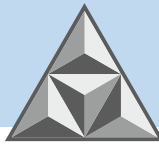
Рассматривается повышение уровня мирового океана, как и в предшествующем проекте, но в более неблагоприятных прогнозах: уровень – более высокий, сочетающийся с вымыванием почв и другими климатическими изменениями.

Суть проекта: создаются относительно компактные поселения, способные перемещаться по мелководью в условиях трансформировавшегося подводного рельефа. Используется шаговый механизм передвижения.

Масштаб сооружения: регулируемая высота – в зависимости от глубины воды на территории, где передвигается объект. Общая высота – до 300 м.

Особенности: кроме крупномасштабных сооружений, предполагается изготовление на их базе автономных локальных механизмов ARKS для обслуживания малых частей сооружений и разведки морского дна. Передача энергии между отдельными объектами планируется с помощью лазерных импульсов [14].

В условиях повышения уровня мирового океана опасность для цивилизации представляет не только непосредственный уровень подъема воды, но и глобальные и локальные природные катаклизмы, которые неизбежно последуют (ураганы, торнадо, цунами, похолодание). Население будет вынуждено покинуть прибрежные мегаполисы. В этом проекте авторы, используя идеи архитектурной группы «АРКИГРЭМ» [15],



предположили, что социальные связи горожан столь неразделимы, что скорее город уйдет вместе с людьми.

Механизм шагового передвижения наиболее устойчив, управляем и адаптирован для непредсказуемого профиля рельефа, особенно под водой, сложившегося в результате катаклизмов. Его решено применить для передвижения мини-городов – Ковчегов (рис. 3).



Рис. 3. Визуализация проекта «Ковчеги» на мелководье (М. Кудряшов, С. Расторгуев, Р. Сахаров)

Fig. 3. Visualization of the Ark project in shallow water (M. Kudryashov, S. Rastorguev, R. Sakharov)

Такой принцип передвижения основан на использовании ультрапрочной конструкции шагового механизма и материалов на основе карбона и графеновых нанотрубок [16, 17]. Данная система призвана обезопасить города-ковчегии от нескончаемых штормов, возросшей, из-за перераспределения масс на поверхности земного шара, вулканической активности и других стихийных бедствий.

Предложена идея и функционального фокусирования отдельных ковчегов; иерархия поселений близка к наблюдаемой в настоящее время: сырьевые, производственные, жилые и административные Ковчегии.

Авторы предположили, что в системе движущихся Ковчегов и непрогнозируемых климатических условий существующие системы коммуникации не смогут эффективно функционировать. Им на замену придут многофункциональные автономные наномеханизмы – Autonomus Rechargeable Kinematical Swarm (ARKS). Так, производство, существующее в настоящее время в виде крупномасштабных объектов, авторы предложили разделить на микроскопические универсальные элементы, выполняющие функции добычи и транспортировки ресурсов, информации и энергии.

Проект «Коллекционер памяти»

Область проектирования: «конвенциональное» повышение уровня мирового океана в рамках прогнозов [18]. Взята как пример Венеция – город, который и в «лучшие времена» страдал от ежегодных наводнений Аква Альта, а также имеющий особый статус в плане исторической ценности.

Суть проекта: оценка исторической ценности объектов происходит максимально непредвзято – с помощью искусственного интеллекта (ИИ). Кроме того, ИИ занимается и созданием самой системы хранения.

Масштаб сооружения: сопоставим с размерами островной части Венеции в плане, системы хранения могут достигать в высоту 100 м (рис. 4).

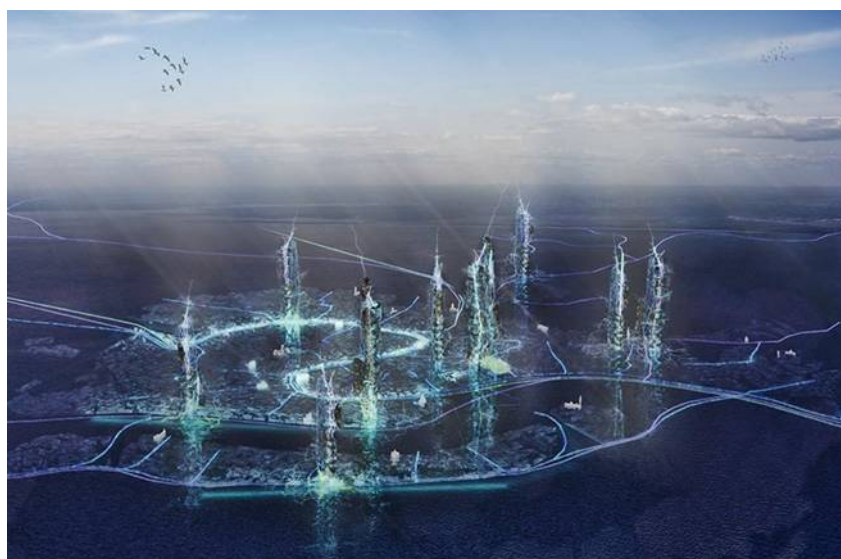


Рис. 4. Визуализация проекта «Коллекционер памяти» на примере затопленной Венеции
(С. Расторгуев, М. Кудряшов, А. Шишков, Ф. Муродбеков)

Fig. 4. Visualization of the "Memory Collector" project with the example of the flooded Venice
(S. Rastorguev, M. Kudryashov, A. Shishkov, F. Murodbekov)

Особенности: данный проект, возможно, самый гуманитарный из серии и, кроме технических, конструктивных и утилитарных аспектов, оперирует понятиями «память, дух места и историческая справедливость», которые имеют важное значение в прогнозировании архитектурных объектов будущего [19].

Следующий проект авторы начинают с утверждения: «Архитектура – это живое существо, обладающее памятью». От разбушевавшихся природных стихий, в первую очередь, страдает человеческая материальная культура, а при наводнении быстрее всего исчезнут коммуникации – связь между поселениями, роль которой в настоящее время отведена автомобильным и железнодорожным путям. При всемирном потопе – пропадёт связь между отдельными частями цивилизации, а также связь между её прошлым и настоящим, система ценностей и законов – её «генетический код» начнёт разрушаться [20]. Рано или поздно это приведёт и к исчезновению самой цивилизации.

«Коллекционер памяти» – система, обладающая искусственным интеллектом, которая способна перемещаться и расти, используя технологию самовоспроизводства с помощью 3D-печати.

Система «Коллекционер памяти» сосредотачивает в себе качества, представленные ниже.

Утилитарность – обеспечивает коммуникацию между зданиями затопленных городов, наполняя их жизнью: энергией, ресурсами, связью. Впоследствии создаются коммуникации и между городами.

Память поколений – сохранение генетического кода цивилизации, разрушенной вследствие всемирного экологического катаклизма. Цивилизация, сохранившая свою «память», имеет хорошие шансы на возрождение. Машина, способная определить историческую ценность предмета, пользуясь нейросетями, оставляет надежду на археологическую справедливость, при этом действуя бесстрастно, пользуясь исключительно заложенными алгоритмами и библиотеками ценностных характеристик.

Оптимизация – вынос мусора и предметов, не имеющих уникальной исторической ценности, не содержащих «памяти»; используется системой для собственного строительства и зданий для хранения «коллекций памяти» – ценных фрагментов культуры, среди которых



живут люди.

В данном проекте представлено создание «коллекции памяти» для затопленной Венеции 2070 года. Бывшие венецианские каналы используются Системой для строительства коммуникационных «ветвей». Исторические памятники, которые были под угрозой уничтожения водой, эвакуируются и собираются в «коллекции» – новые вертикальные улицы Венеции, которые посещают туристы.

К концу XXI столетия человечество, как предполагается, достигнет паритета вычислительных мощностей с ИИ. В это время уровень мирового океана, вполне вероятно, поднимется настолько, что поглотит большинство городов – исторических центров мира.

Проект «Жажда»

Область проектирования: архитектура на поверхности океана, плавучие архитектурные сооружения.

Краткая суть проекта: обеспечение населения пресной водой с помощью транспортировки антарктических и арктических айсбергов в населённые районы Земли, расположенные на расстоянии не более 5000 км от Южного и Северного районов распространения айсбергов, соответственно, окрестностей Антарктиды и Гренландии [21].

Масштаб сооружения: зависит от параметров транспортируемых айсбергов. В проекте взят за основу диапазон средних размеров айсбергов от 60×30×30 до 120×70×60 м (длина/ширина/высота). Соответственно, минимальный размер поселения составляет 50×30×20 м, с возможностью расширения конструктивной несущей части [22].

Особенности: проектом предусматривает наличие системы фокусировки, накопления и распространения солнечного света по оптоволокну с опциональным преобразованием его в электроэнергию в случае необходимости для определённых технологических процессов.

Проект «Жажда» разработан авторами в поиске путей предотвращения катастрофических последствий нехватки пресной воды на планете. При всемирном наводнении ценность данного ресурса многократно вырастет. Источники, из которых сейчас поступает питьевая вода, в большинстве своем будут недоступны, а добыча пресной воды из солёной морской – весьма энергоёмкий процесс, особенно в ситуации недоступности энергоресурсов. Энергии будет недостаточно, большинство электростанций окажутся неработоспособны, а доступ к углеводородам исчезнет.

Лед как иное агрегатное состояние воды станет новым полезным ресурсом, а переработка его в воду – новым видом экономики. Проект предполагает транспортировку арктических и антарктических айсбергов. Перевозка айсбергов, по сравнению с другими вариантами – достаточно рациональная модель добычи пресной воды. Для реализации данной модели планируется строительство новых типов «шахтерских» поселений, адаптированных под актуальную экономику процесса переработки айсбергов.

Разрабатываемое поселение не ограничено в своих размерах и зависит только от объема источника пресной воды – размера айсберга. Можно классифицировать его как паразита: «город шахтеров» фактически прикрепляется к айсбергу и перевозит его на территорию, где нужна питьевая вода (рис. 5).

Один айсберг среднего размера способен обеспечить потребности 35000 человек в течение года. Технологический процесс перевозки подразумевает два айсберга: «старый айсберг» идёт на потребление, «новый» – поддерживает плавучесть.

Ещё одна составляющая проекта – это энерголинзы, собирающие солнечный свет, который может преобразовываться в электроэнергию или распространяться просто в виде



света по оптоволокну. Для системы освещения без использования электричества нужны также устройства хранения света – зеркальные ёмкости-лабиринты с наноразмерной структурой, где свет с минимальными потерями сохраняется длительное время и может выпускаться порциями для внешнего распространения [23]. На момент проектирования уже имеются научные разработки на тему «замораживания» сроком до 1 мин. светового луча в определённых материалах [24]. Авторы надеются, что в дальнейшей перспективе этот срок существенно увеличится. В данном проекте энергию света предполагается также применять для функционирования турбин, которые приводят в движение город-айсберг. Потоки воды усиливаются в зазоре между айсбергами и направляются специальными заслонками, что позволяет управлять движением всей структуры, а город становится буксиром тысяч тонн льда.



Рис. 5. Визуализация проекта «Жажда», подводная часть айсбергов и поселения (С. Расторгуев, И. Смирнова, Л. Мезенина, С. Огурцов, А. Бурькина, А. Цветков, С. Галицына)

Fig. 5. Visualization of Project "Thirst", the iceberg underwater part and the settlement (S. Rastorguev, I. Smirnova, L. Mezenina, S. Ogurtsov, A. Burykina, A. Tsvetkov, S. Galitsyna)

Город эволюционирует в течение трехлетнего цикла, перевоза различные айсберги. Естественным образом айсберги тают, и 35% от их объема уходит в океан, но оставшиеся запасы воды можно применить и распространить.

Проект «Кочевники солнечного ветра»

Область проектирования: дальний космос. Данный проект представляет вариант далёких космических путешествий, важная часть которых – пополнение израсходованных запасов необходимых жизненных ресурсов.

Краткая суть проекта: создаётся система, которая позволяет осуществлять космический путешествия на дальние расстояния, в том числе – межзвёздные. Две компоненты таких путешествий – достижение высокой скорости перемещения и способы восстановления израсходованных ресурсов.

Масштаб сооружения: для достижения высоких околосветовых скоростей перемещения объекта большой массы необходим радиус солнечного или звёздного паруса в сотни километров [25], что позволит ему достичь необходимой и собрать общую энергию «пойманных» фотонов, преобразуя ее кинетическую энергию движения конструкции [26] (рис. 6).

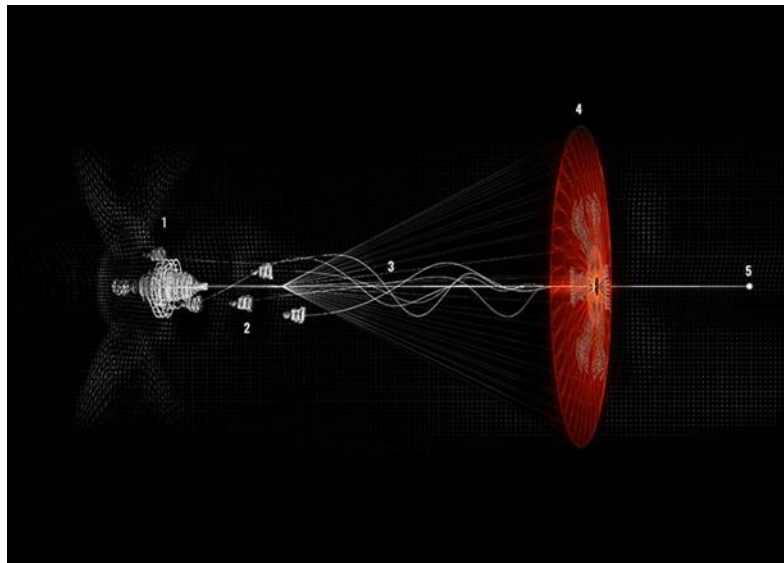
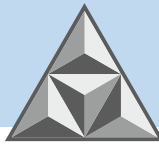


Рис. 6. Схема города «Кочевники солнечного ветра», режим полёта: 1 – главное поселение, выполняющее также функцию противовеса в системе; 2 – строящиеся новые поселения; 3 – трансформируемый участок конструкции, свёрнутый в режиме полёта; 4 – солнечный/звёздный парус; 5 – стыковочный/посадочный модуль
(С. Расторгуев, М. Кудряшов, А. Тер-Степанян, И. Аладов)

Fig. 6. Layout of the "Solar Wind Nomads" city, in flight mode: 1 - main settlement, also serving as a counterweight in the system; 2 - new settlements under construction; 3 - transformable section of the structure, rolled up in flight mode; 4 - solar/stellar sail; 5 - docking/landing module (S. Rastorguev, M. Kudryashov, A. Ter-Stepanyan, I. Aladov)

Сооружение проектируется в двух вариантах: режим полёта и режим прикрепления к планете. Во втором варианте горизонтальное расстояние конструкций (диаметр паруса принимается как вертикальный параметр) становится равным высоте стационарной орбиты планеты (по аналогии с геостационарной орбитой для Земли).

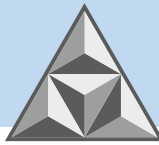
Особенности: помимо новой философии «кочевого поселения», создаваемой в данном проекте, присутствует также аспект, противопоставляемый сооружениям глобальных масштабов. Нанороботы осуществляют разведку, добычу и хранение собранных ресурсов до момента следующей стыковки города Кочевников солнечного ветра с планетой. Такие периоды «ожидания и сбора» могут составлять десятки или сотни лет [27].

Проект «Города кочевников солнечного ветра» – окончательный отказ определённой части человечества от связи с планетой рождения и обитания (Землёй). Это векторный город, оторвавшийся от своего основания и эмигрировавший во Вселенную. Отсюда и название – город-кочевник. Структура объекта больше напоминает городскую, нежели планетарную, как если бы все города Земли объединились в одно линейное мегапоселение.

Город в проекте – колоссально протяжённая, но сравнительно тонкая структура. Её главное предназначение – полёты на большие расстояния в космосе (межпланетные и межзвёздные). Город существует в двух ипостасях: режим полёта и режим посадки/прикрепления к планете.

Длина города обусловлена тем, что при посадке центр его масс должен оказаться от планеты на расстоянии большем чем её стационарная орбита. За счёт этого город будет удерживаться над поверхностью планеты, не оказывая на неё практически никакого давления. Его вес на поверхности будет отрицательным, и он будет крепиться к ней специальным якорем. Масса противовеса, находящегося выше центра масс, должен превышать вес всего остального города.

Также город планируется оснастить солнечным/звёздным парусом. За счёт своей огромной площади парус довольно быстро будет придавать городу скорость, близкую к скорости света [28]. Первоначальный разгон будет достигаться за счёт поглощённой энергии



фотонов солнца [29]. Затем возможно торможение с помощью ионных двигателей либо за счёт встречного света звезды, к которой город подлетает. Кроме того, рассматривается вариант светового реверса – использования отражённого света. Устойчивость парусу придают растяжки, крепящиеся к городу. Частично поверхность паруса занимают солнечные батареи для выработки энергии функционирования города.

Трансформируемый участок позволяет настраивать длину города исходя из высоты орбиты планеты, на которую осуществляется посадка.

Стержень – центральная конструкция, к которой прикреплены все элементы города. Он работает на растяжение. Предполагаемый конструктивный материал разрабатывается на основе графеновых нанотрубок [30].

Поселения – жильё, производство, оранжереи и другие необходимые структуры для жизни горожан могут располагаться по всей длине стержня, за исключением участка трансформации.

Идея функционирования «Города кочевников солнечного ветра» заключается в том, что при исследовании планеты и даже при добыче ресурсов нет необходимости создавать на ней колонии, приспосабливаться к её атмосфере и тратить на это время и энергию. Город – это готовое поселение колонизаторов. После прикрепления к планете выбрасывается нанопыль – набор нанороботов, способных к самовоспроизводству. Нанопыль осуществляет основную работу на поверхности планеты – исследует, строит и добывает ресурсы. Таким образом, город может прикрепиться к планете на какое-то время, высадить на её поверхность нанопыль, источник энергии и стартовый запас ресурсов. Затем нанопыль производит необходимые действия на поверхности планеты. Это будет происходить до возвращения на подготовленную площадку города с целью забрать добытые ископаемые и, при необходимости, продолжить начатые исследования уже с участием поселенцев.

Проект «Spaceport Ra»

Область проектирования: космическое пространство в пределах Солнечной системы.

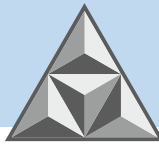
Краткая суть проекта: проект создавался для относительно удалённого будущего, когда многочисленные межпланетные путешествия приведут к необходимости создания промежуточной точки опоры – «мини-Земли» на орбите Марса (или Сатурна). Места пересечения космических потоков; места, где можно ненадолго отдохнуть и вспомнить свою родину – Землю, оказавшись в среде, напоминающей родную планету (как минимум, гравитацией и растительностью).

Масштаб сооружения: вдоль оси – 670 м, радиус вращающихся компонентов – до 250 м.

Особенности: помимо технологических преимуществ перед небольшими космическими аппаратами в виде искусственной гравитации и различных бионических зон, имитирующих пребывание человека в живой природе, проект несёт в себе существенный гуманитарный аспект, транслирующий привычные символические формы – от геометрических до шрифтовых образов в удалённые уголки космического пространства, пропагандируя антропный фактор визуально и образно в окружающую непознанную среду. Объект своим внешним видом призван служить ориентиром-маяком для путешествующих целую вечность космических странников [31].

Проект «Spaceport Ra» рассмотрим здесь более подробно, поскольку он разработан в текущем году и подробности такого исследования ещё нигде не озвучивались.

Космос является перспективной отраслью для архитектуры, что обсуждалось ещё в XX столетии. На данный момент существуют не только государственные [32], но и частные



компании [33], которые активно занимаются разработками космических аппаратов, проектов поселений и зданий для других планет и спутников. Развивается космический туризм [22], создаются космические общества [34], исторически значимые космические миссии [35].

С развитием индустрии и технологий архитекторы неминуемо займутся проектированием космических объектов [36]. Уже сегодня они привлекаются в эту сферу не только для создания теоретических проектов, но и для реальных разработок [37]. Вопрос развития космической индустрии становится весьма актуальным, с учетом колоссальной проблемы загрязнения окружающей среды, ограниченности ресурсов и других факторов, представляющих угрозу человечеству [38].

На данный момент космические корабли и станции не являются комфортными для человека: длительное пребывание на их территории может вызывать физический и эмоциональный дискомфорт, привести к дальнейшим проблемам со здоровьем [39]. Требуется решения, которые подразумевают создание более безопасных и удобных для человека пространств внутри космических объектов.

Первый в истории коммерческий космический отель Voyager Station планируется открыть в 2027 г. [40]. Проект, рассчитанный на 280 гостей и 112 членов экипажа, планируется строительной компанией Orbital Assembly Corporation, которой руководит Джон Блинкоу. Станция станет первым крупным проектом ОАС и первой коммерческой космической станцией с искусственной гравитацией. Отель планируется разместить на геостационарной орбите Земли.

Сейчас космический туризм для большинства людей не доступен из-за высокой стоимости [41], необходимости проведения специальной подготовки и ограниченности предложений (возможность посетить космическую станцию, но не дальше земной орбиты) [42].

Проект космического порта-отеля Spaceport Ra разработан для повышения заинтересованности и развития индустрии, решения перечисленных проблем и преодоления сложностей.

Ученый К.Э. Циолковский говорил: «Земля – колыбель человечества, но нельзя жить в колыбели вечно».

Космический порт-отель Spaceport Ra состоит из комплекса центральных осей, колец-портов прибытия и модулей (крепятся на систему каркаса), с добавлением которых комплекс может расти.

Модули и каркасы создают форму двух пересекающихся пирамид, вращающихся в противоположных направлениях, создавая искусственную гравитацию (рис. 7).

Название порта связывается с египетской мифологией: «Ра» – это «солнце». Как солнечное божество, Ра олицетворял силу солнца, но также считался самим солнцем, представляемым как великий бог в поездке на барже по небесам в течение светового дня, спускающийся в подземный мир на закате. Как бог солнца Ра, Spaceport Ra перемещается на своей ладье по небесному своду между Землей и Марсом. В начале весь комплекс находится на геостационарной орбите Земли, где он выступает как утренний бог (Ра-Хорахти), а затем перемещается на орбиту циклера Земля – Марс, где он является дневным солнцем (Амон-Ра), после он останавливается на орбите Марса, там он уже – вечернее солнце (Атум-Ра) [33].

Внизу и вверху главной оси расположены два электромагнита, каждый мощностью 1.5 Тесла. Они, как и магнитное поле Земли, перенаправляют скоростные вредоносные частицы к полюсам.

Помимо признанного терапевтического эффекта по устранению попадания чужеродных объектов в головной мозг, возникает естественное явление, связанное со сосредоточением



квантов высокой энергии и высоковольтных зарядов в весьма разряженной околосредовой среде на полюсах. На Земле такое явление называлось бы северным сиянием, но в космосе – это отрада для глаз путешественника, вглядывающегося месяцами в чёрные и пустые космические дали с многочисленными звёздами, однако бесконечно далёкими от реального достижения.

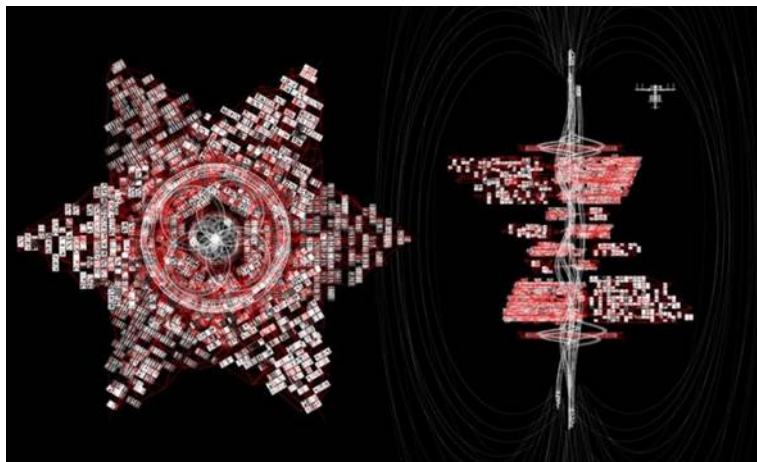


Рис. 7. Вид сверху и вид сбоку космического порта с магнитными полями в сравнении с МКС (международная космическая станция). Высота центральной главной оси – 670000 мм; диаметр центральной главной оси - 15000 мм; диаметр прилегающих осей – 10000 мм; высота вращающихся частей – 250000 мм, между разделенными частями каркаса – 25000 мм; максимальный диаметр каркаса – 5000 мм, минимальный диаметр каркаса – 2000 мм (П. Петрова)

Fig. 7. Top view and side view of the spaceport with magnetic fields compared to the ISS (International Space Station). Central main axis height – 670,000 mm; central main axis diameter – 15,000 mm; adjoining axis diameter – 10,000 mm; rotating parts height = 250,000 mm, between divided frame parts – 25,000 mm; maximum frame diameter – 5,000 mm; minimum frame diameter – 2,000 mm (P. Petrova)

На кончиках каждой конструкции центральной части находятся сборники водорода (рис. 7). Переливы вспышек и внезапно складывающихся структур света на сборниках водорода способны взбодрить усталого путника ранним, но чёрным космическим утром.

Вверху главной центральной оси находится ядерный реактор.

В верхней и нижней части расположены небольшие дополнительные парковки для шаттлов (рис. 7). Здесь парковка является запасной, особенно – для случаев, когда отправление более удобно с этой части комплекса в чрезвычайной ситуации.

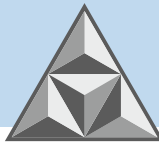
Рядом с ловушками на каркасе расположены двигатели для маневрирования, ориентированные в двух направлениях вращения, с помощью них вращающиеся части начинают и прекращают вращение.

На частях каркаса, отдаленных от центра вращения, расположены раскрывающиеся ловушки для мелкого космического мусора. Обычно они сложены и находятся внутри каркаса. Космический мусор перерабатывается и исследуется.

Изначально объект содержит минимальное количество модулей (500 штук). По мере развития технологий, популяризации космического туризма и освоения космического пространства, размер отеля будет увеличиваться путём добавления необходимого числа модулей.

Станция движется по пути полуциклера Земля – Марс, разработанного Олдрином [32].

Циклер – это траектория, регулярно встречающая два или более космических тела. После того, как орбита установлена, для перемещения между ними не требуется двигательной установки, хотя могут наблюдаться незначительные правки траектории. Использование циклеров было рассмотрено в 1969 г. Уолтером М. Холлистером, который исследовал случай цикла Земля – Венера [43]. Холлистер не имел в виду какую-то конкретную миссию, но



постулировал их использование для регулярной связи между двумя планетами и многопланетных полетов.

Марсианский год равен 1.8808 земного года; Марс совершает восемь оборотов вокруг Солнца примерно за то же время, что и Земля – 15 оборотов [44]. В 1985 г. Базз Олдрин представил работу (на основе своего раннего исследования по лунному циклеру), в которой был определен марсианский циклер, соответствующий одному синодическому периоду [45]. Объект, движущийся по циклеру Олдрина (как он теперь называется), делает единственную эксцентрическую петлю вокруг Солнца. Он путешествует с Земли на Марс за 146 сут. (4.8 мес.), следующие 16 мес. проводит за орбитой Марса и еще 146 сут. уходит от орбиты Марса обратно до первого пересечения орбиты Земли.

Комплекс с земной геостационарной орбиты разгоняется и переходит на орбиту между Землей и Марсом, на которой не нужно маневрирование, ускорение и торможение (соответственно, не затрачивается энергия и топливо), после чего замедляется вокруг Марса, вращается на его геостационарной орбите, а затем возобновляет путь на циклере.

Путь от Земли до Марса занимает примерно 5 мес. (и столько же – в обратном направлении). Также орбита циклера создает небольшую дополнительную защиту от космической радиации.

Станция собирается на геостационарной орбите Земли из сборных частей. В этой части орбиты положение станции всегда находится над одной и той же точкой на земной поверхности, что создает удобные условия для строительства и парковки станции [11]. Пассажиры и груз добираются на станцию с помощью шаттлов и космических кораблей, которые остаются припаркованными на кольцах-портах и запасных парковках на осях и затем используются для высадки на Марс.

Описанная в проекте структура способна перемещаться и далее Марса, например, до пояса Койпера, границ Солнечной системы, гелиопаузы. Здесь внешние ударные волны галактического разряженного газа со скоростями до нескольких млн. км/ч гасят потоки солнечного ветра, создающие внутреннюю «домашнюю» и уютную среду для планет нашей системы. Хотя это явление не улавливается человеческим глазом, волны столкновения межзвездных сред можно наблюдать с помощью «умных стёкол» модулей, подчёркивающих флуктуации и бурление космических сред.

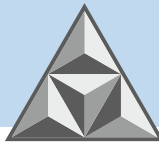
Каркас с модулями имеет форму двух пересекающихся тетраэдров, вращающихся в двух противоположных направлениях (рис. 8).

Каждый тетраэдр разбит на три части. Нижний тетраэдр, выделенный красным, вращается в направлении, указанном белой стрелкой (по часовой стрелке). Верхний тетраэдр вращается в направлении, указанной красной стрелкой (против часовой стрелки). Вращение нужно для создания искусственной гравитации за счет центробежной силы. В ближайших к оси модулях создаваемая гравитация равна лунной (около 16.6% от земной, а именно 0.166 g), а в отдаленных от центра вращения модулях – земной ($1 g = 9.80665$).

Тетраэдры равны по массе. В каждом из них масса распределена равномерно по форме. За счет вращения в двух противоположных направлениях балансируется положение комплекса. Скорость вращения равна двум оборотам в минуту.

Ось и кольца-порты не вращаются, они находятся в невесомости. У помещений отсутствует деление на пол и потолок, на всех поверхностях стен имеются поручни, помогающие в движении по помещениям. Все предметы крепятся к стенам. Используется мебель, специально разработанная для использования при отсутствии гравитации.

Главная центральная ось – прямая, в ней через каждые 100 м находятся особо защищенные зоны, в которых в случае скачков радиации можно безопасно укрыться, также в



них находятся небольшие хранилища. Такие помещения могут находиться в любой из функциональных зон. Внутри осей располагается центр управления, исследовательские лаборатории и телескопы, технические, производственные помещения, фермы, а также общественные зоны, жилые и хранилища.

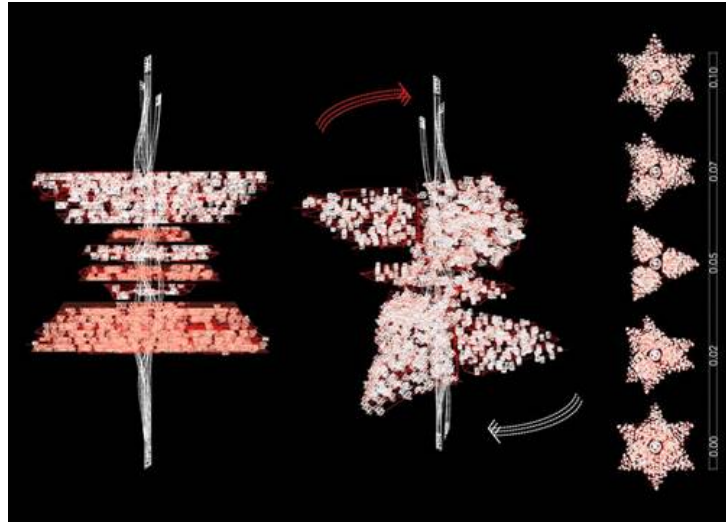


Рис. 8. Схема вращения частей с искусственной гравитацией (П. Петрова)

Fig. 8. Scheme of rotating parts with artificial gravity (P. Petrova)

Кольца-порты расположены сверху и снизу в 25 м от массы модулей (зоны прибытия). Транспорт по типу монорельса движется от главной оси по специальным переходам к внутреннему (белому) кольцу (рис. 9), в котором он разгоняется до скорости внешнего (красного) кольца вращающейся части каркаса.

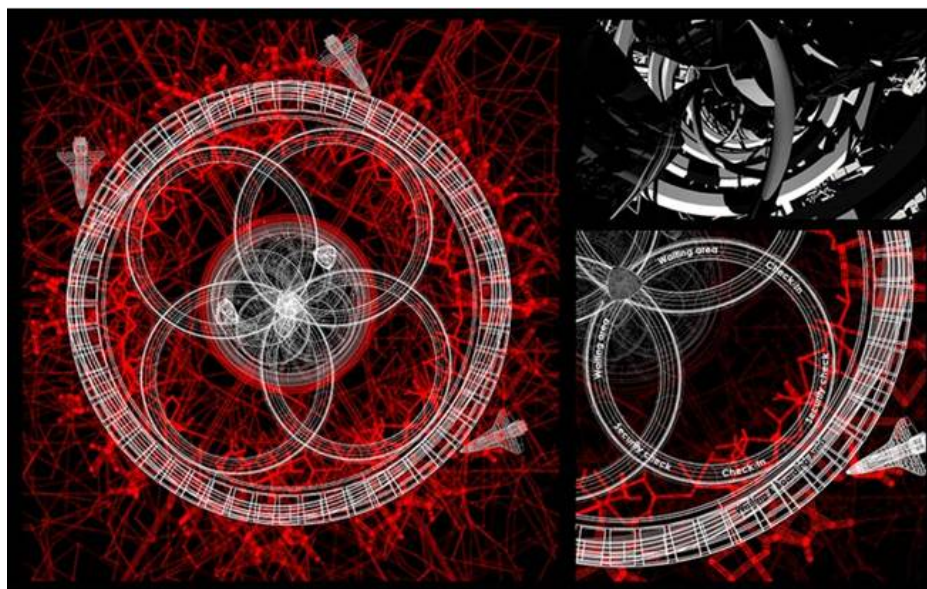


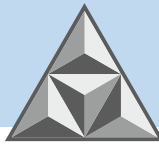
Рис. 9. Схема колец-портов с функциональным зонированием. Визуализация (П. Петрова)

Fig. 9. The scheme of the rings-ports with functional zoning. Visualization (P. Petrova)

Во внешнем кольце транспорт замедляется и перемещается в нужную часть каркаса. Диаметр верхнего красного кольца – 55 м, белого верхнего – 52 м. Минимальный диаметр красного кольца – 44 м, белого – 41 м.

Каркасные системы на кольцах-портах служат для крепления космического транспорта. Внутри такого каркаса расположены коридоры, соединяющие космический корабль с зоной прибытия в кольцах-портах.

По центру каждого кольца-порта проходит коридор с помещениями ожидания,



хранилищами, санузлами. Остальное пространство определено для свободного перемещения. Панорамное остекление формирует видовые точки по всему кольцу. В изогнутых соединениях колец-портов с осью находятся зоны регистрации, безопасности и зоны ожидания.

В 70-х годах XX столетия в космос были отправлены спутники Пионер [46] и Вояжер [47] с условно неограниченной дальностью полёта. На их борту находилась золотая пластина с укомплектованным в послание набором человеческих знаний, полученных на тот момент. Человеческое знание выражалось в различных формах – от теории простых чисел до распада атомного ядра, а также записях приветствий на 55 языках (шумерском, аккадском, хеттском, арамейском, древнегреческом, латыни, армянском, 10 южноазиатских, 4 китайских диалектах, русском, украинском и пр.). 16 ноября 1974 г. радиотелескоп Аресибо отправил послание продолжительностью 169 вземным цивилизациям с ожидаемым временем курьерской доставки около 25 000 лет. Время на размышление и ответ – ещё 25 тыс. лет. Затем предусмотрено время на обжалование.

В данном контексте на первый план выходит формообразование данного космического отеля, которое несет существенный гуманитарный аспект.

Модули, основанные на гексагональной геометрии, являются уникальными; они подобны отдельным символам и буквам (их 4500, рис. 10).

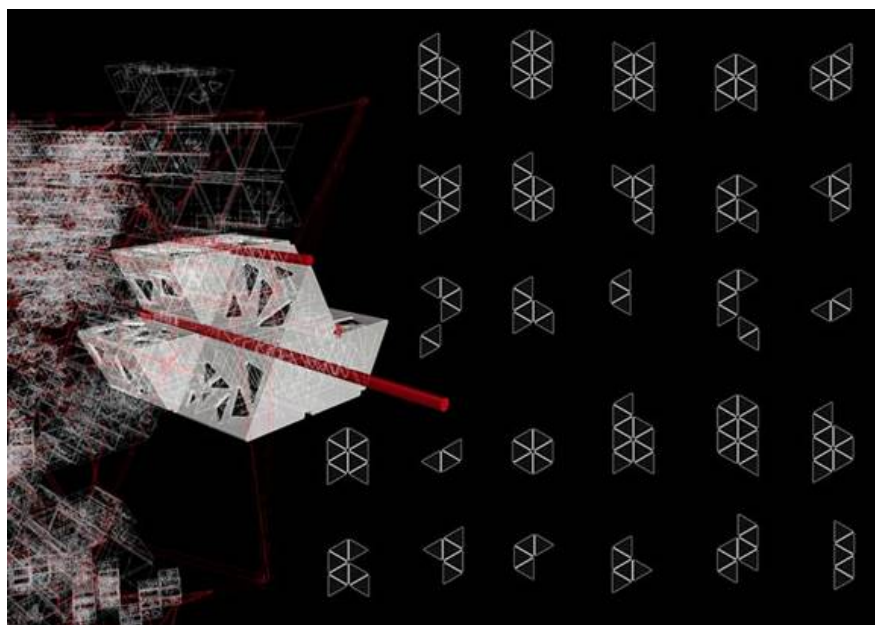


Рис. 10. Схема соединения модулей с каркасом. Схема возможных комбинаций модулей (П. Петрова)

Fig. 10. Layout of module connections to the frame. Layout of possible module combinations (P. Petrova)

Это имеет сходство с китайским алфавитом – очень расширенным, со всеми диалектами. Конструирование такого проекта, хотя и представляется весьма сложным, является тем не менее чисто инженерным заданием. Добавив в нагрузку такую цель, как иррациональное человеческое послание в темноту и непознаваемость космоса, получаем архитектурную задачу на стыке точных наук и гуманитарных ощущений. Эта неповторяемость составных частей придаёт рассматриваемой форме некоторый шум, как шум голосов многих людей – уникальных и осмысленных, но тонущих в общей массе возгласа послания. Случайным взглядом на форму здесь читаются и изгибы ветвей, и ветер в шелестящих листьях, а с другой стороны – и каллиграфические прописи.

Внутри каркаса проходят пути транспорта.

Такое послание составлено, но отправка отложена на неопределённый срок.



Модули крепятся к каркасу вдоль этажей по поверхности стен (рис. 11).

На одном из этажей каждого модуля (обычно в середине) есть переход к каркасу, куда прибывает транспорт. В каждом модуле пять этажей, на третьем – находится переход к каркасу.

На внешних стенках модулей расположено множество солнечных батарей. В некоторых углах и иногда вдоль стен расположены вставки с растениями, играющими роль в сокращении количества углекислого газа в помещениях и увеличении содержания кислорода [48]. Во всех помещениях есть доступные растения. Почти в каждом модуле (и во всех жилых и общественных модулях) один этаж выделен под сад.

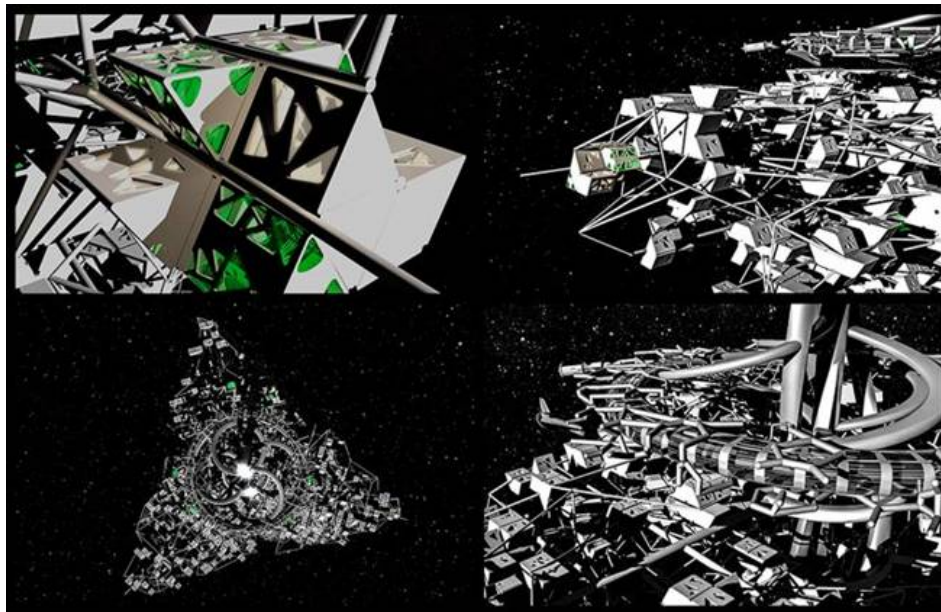


Рис. 11. Визуализации космического порта (П. Петрова, С. Расторгуев)

Fig. 11. Visualization of the space port (P. Petrova, S. Rastorguev)

На одном из этажей каждого модуля (обычно в середине) есть переход к каркасу, куда прибывает транспорт. В каждом модуле пять этажей, на третьем – находится переход к каркасу.

На внешних стенках модулей расположено множество солнечных батарей. В некоторых углах и иногда вдоль стен расположены вставки с растениями, играющими роль в сокращении количества углекислого газа в помещениях и увеличении содержания кислорода [48]. Во всех помещениях есть доступные растения. Почти в каждом модуле (и во всех жилых и общественных модулях) один этаж выделен под сад.

В жилом и некоторых общественных модулях находится тренажерный зал, в модулях с гравитацией, близкой к земной, расположены бассейны.

Множество помещений являются трансформируемыми пространствами, что облегчает длительное пребывание в них. Для реализации используются перегородки идвигающиеся стены, трансформируемая мебель.

В каждой группе модулей как минимум имеется один общественный (35% модулей). В производственных модулях (3%) находятся помещения для 3D-печати и переработки космического мусора. На фермах (5%) выращиваются фрукты и овощи, разводится рыба. Кроме них, 40% модулей – жилые, хранилища – 15%, исследовательские – 2%. При этом 35% всех модулей являются особо защищенными от космической радиации.

Проектирование объектов для космоса (особенно в условиях невесомости и полного отсутствия опоры) расширяет понимание того, чем является архитектура, заставляет



задуматься о том, что кажется привычным и обыденным. В космическом отеле имеются зоны, которые, на первый взгляд, не отличаются от отелей на планете Земля. Однако, присутствуют зоны, где всё выглядит неизведанным.

Отель собирается из стыкуемых частей на конкретном отрезке геостационарной орбиты Земли, которая располагается на высоте 36000 км над уровнем моря. Таким образом, положение станции не меняется по отношению к земной поверхности, что создает благоприятные условия для строительства, обслуживания и парковки объекта. Не подготовленным к космическим путешествиям людям будет легче адаптироваться и спокойно перенести длительный полёт.

Важной составляющей при проектировании отеля является создание психологически и физически комфортной среды, чтобы пассажиры смогли в полной мере получить удовольствие от пребывания, взглянуть на привычные вещи по-новому и переосмыслить темп обыденной жизни.

В ходе работы были исследованы и использованы принципы биомимикрии – подхода в архитектуре, использующего технологии и разработки при вдохновении природой [36]. Отвечая на неожиданные вызовы и попадая в необычные условия, архитектура порой приобретает причудливые формы. Но есть ли в эстетике архитектурного объекта какое-либо значение для стороннего наблюдателя кроме чисто гуманитарного?

Ричард Бакминстер Фуллер считал, что красота того или иного архитектурного или дизайнерского объекта – это следствие его оптимально спроектированной структуры и функциональной составляющей. Иными словами, красота объекта – это пройденный тест, результаты которого свидетельствуют, что всё спроектировано правильно, рационально и минимально достаточно.

ВЫВОДЫ

Представлены опыты по выходу архитектуры за границы традиционных компетенций. В целом затронута лишь незначительная область возможного применения архитектурных методов, в которой работает принцип бесконечно удаляющегося от исследователя горизонта познания.

Собраны данные, позволяющие проследить, как изменяется архитектура в зависимости от воздействий различных внешних факторов, мимикрируя в связи с этими воздействиями и обнаруживая своё сходство с живой природой.

Результаты исследований будем рассматривать как находку в дальнейшей практической деятельности.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Расторгуев С.В. Настоящая архитектура непредсказуема // Татлин Моно. 2012, 3/31/110. С. 132–139.
2. **Rastorguev S.** Stream City Project // *l'Arca International*. 2015. 127. P. 66-69.
3. **Fauchier-Magnan, G.** (2014) La Terre est Bleue: Sea atlas of the 21th century, *Marine Nationale Française*, pp. 152-153.
4. **Rougerie, J.** (2021) *La Fondation Jacques Rougerie Database*. [online] International Database. Available at: <http://www.jacquesrougeriedatabase.com>
5. **Расторгуев С.В., Кудряшов М.Н.** Альтернатива. М.: Изд-во «Решения», 2022. 158 с.



6. **Орлова О.В., Расторгуев С.В.** Футуристические проекты для конкурса Jacques Rougerie // портал «Архитектура и энтропия»: [сайт]. 2022. URL: <https://cih.ru/fx/jr.html>
7. Challenging the Kármán line from above. NASA, Houston. We Have a Podcast // *Space Exploration*: [сайт]. 2018. URL: <https://space.stackexchange.com>
8. **Расторгуев С.В., Тихонов К.А.** Проект «Stream City» // *Архитектурный журнал ЦИХа*. 2013. URL: <https://cih.ru/j3/183.html>
9. **Ferl R.** Greenhouses for Mars // *NASA Science*: [сайт]. 2004. URL: https://science.nasa.gov/science-news/science-at-nasa/2004/25feb_greenhouses/
10. **Лемешко А.В.** Космический лифт «Вавилонская башня» // *Samlib*: [сайт]. 2009. URL: http://samlib.ru/editors/l/lemeshko_a_w/azz.shtml
11. **Kelso T.S.** Basics of the Geostationary Orbit // *CelesTrak*: [сайт]. 1998. URL: <http://celestrak.org/columns/v04n07/>
12. **Gosselin P.** Long Term Tide Gauge Data Show 21st Century Sea Level Rise Will Be Approximately As Much As The 20th Century // *NoTricksZone*: [сайт]. 18 April 2014. URL: <http://notrickszone.com/2014/04/18/long-term-tide-gauge-data-show-21st-century-sea-level-rise-will-be-approximately-as-much-as-the-20th-century/#sthash.v8PhgSdW.qwp9Pxfz.dpbs>
13. **Кудряшов М.Н., Киселёв А.С.** Проект «Капля в океане» // *Архитектурный журнал ЦИХа*. 2013. URL: <https://cih.ru/j3/199.html>
14. **Кудряшов М.Н., Расторгуев С.В., Сахаров Р.А.** Ковчеги / Arks // *Архитектурный журнал ЦИХа*. 2014. URL: <https://cih.ru/j3/256.html>
15. **Cook P., Webb M., Greene D.** Archigram group // *Archigram*: [сайт]. 2015. URL: <http://www.archigram.net/about.html>
16. **Katsnelson M.I.** Graphene: Carbon in Two Dimensions. New York: Cambridge University Press, 2012. 366 p.
17. **Zhu Y.** Laboratory Grows World Record Length Carbon Nanotube. Los Alamos National Laboratory // *Science Daily*. 17 September 2004.
18. URL: <https://www.sciencedaily.com/releases/2004/09/040917091336.html>
19. **Cowing, K.** (2018) *New Study Finds Sea Level Rise Accelerating*. [online] SpaceRef. Available at: <https://spaceref.com/earth/new-study-finds-sea-level-rise-accelerating/>
20. **Кудряшов М.Н., Расторгуев С.В., Шишков А., Муродбеков Ф.** Коллекционер памяти / Collectionneur de mémoire // *Архитектурный журнал ЦИХа*. 2015. URL: <https://cih.ru/j3/303.html>
21. **Jencks C.A.** The New Paradigm in Architecture. Yale University Press, 2002. 288 p.
22. **Feldmann J., Levermann A.** Collapse of the West Antarctic Ice Sheet after local destabilization of the Amundsen Basin // *PNAS*. 2015. URL: <https://www.pnas.org/doi/full/10.1073/pnas.1512482112>
23. **Смирнова И.Е., Мезенина Л.А., Огурцов С.В., Бурькина А.В., Цветков А.А., Галицына С.А., Расторгуев С.В.** Т.Н.И.Р.С.Т. // *Архитектурный журнал ЦИХа*. 2017. URL: <https://cih.ru/j3/501.html>
24. **Lewis E.** The 8-minute travel time to Earth by sunlight hides a thousand-year journey that actually began in the core // *NASA*: [сайт]. 2007. URL: https://sunearthday.nasa.gov/2007/locations/ttt_sunlight.php



25. **Jacob A.** Light completely stopped for a record-breaking minute // *New Scientist*: [сайт]. 2013. URL: <https://www.newscientist.com/article/dn23925-light-completely-stopped-for-a-record-breaking-minute/>
26. **Yamakawa H.** Small Solar Power Sail Demonstrator "IKAROS" // *Japan Aerospace Exploration Agency*: [сайт]. 2015. URL: <https://global.jaxa.jp/projects/sas/ikaros/>
27. **Баранов В.Б.** Что такое солнечный ветер // *Астронет*: [сайт]. 2001. URL: <http://www.astronet.ru/db/msg/1171268>
28. **Кудряшов М.Н., Расторгуев С.В., Тер-Степанян А.Л., Аладов И.А.** Nomadic city // *Архитектурный журнал ЦИХа*. 2018. URL: <https://cih.ru/j3/633.html>
29. **Вайсберг О.Л.** Солнечный ветер // *Физика космоса: Маленькая энциклопедия*. 2-е изд. М.: Советская энциклопедия, 1986. С. 636–639.
30. **Wenzhong Z.** The Theory of Super Photon and the Cosmological Insight into the Physical Origin of the Hubble Constant and the Universal Gravity // *Foundation theories of Physics*. December. 2019. DOI:10.13140/RG.2.2.13263.43680. URL: https://www.researchgate.net/publication/337683010_The_Theory_of_Super_Photon_and_the_Cosmological_Insight_into_the_Physical-Origin_of_the_Hubble_Constant_and_the_Universal_Gravity
31. **Новосёлов К.С.** Графен: материалы Флатландии // *Успехи физических наук*. 2011. Т. 181. С. 1299–1311. DOI:10.3367/UFNr.0181.201112f.1299
32. **Петрова П.В., Расторгуев С.В.** Проект «Spaceport Ra» // *Архитектурный журнал ЦИХа*. 2022. URL: <https://cih.ru/j3/a63.html>
33. Mars cycler // *Wikipedia*: [сайт]. 2022. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Mars_cycler
34. **Mark J.J.** Ra (Egyptian God) // *Worldhistory*: [сайт]. 2021. URL: [https://www.worldhistory.org/Ra_\(Egyptian_God\)/](https://www.worldhistory.org/Ra_(Egyptian_God)/)
35. **Davis N.** Will you become a citizen of Asgardia, the first nation state in space? // *The guardian*: [сайт]. 2016. URL: <https://www.theguardian.com/science/2016/oct/12/will-you-become-a-citizen-of-asgardia-the-first-nation-state-in-space>
36. **Neel V.** The 11 biggest space missions of 2021 (and their chances of success). URL: <https://www.technologyreview.com/2021/01/04/1015519/the-11-biggest-space-missions-of-2021>
37. **Nixon D., Kaplinck J.** What does living in space herald for the future of architecture? // *Architectural-review*: [сайт]. 1984. URL: <https://www.architectural-review.com/essays/what-does-living-in-space-herald-for-the-future-of-architecture>
38. **Crook L.** BIG and ICON to 3D-print structure exploring "new Martian vernacular" for NASA // *Dezeen*: [сайт]. 2021. URL: <https://www.dezeen.com/2021/08/10/big-icon-3d-print-mars-dune-alpha-nasa/>
39. **Franco E.G., Kuritzky A.M., Lukacs R., Zahidi S. et. al.** Global Risks: Report 2022 // *Weforum*: [сайт]. 2022. URL: <https://www.weforum.org/reports/global-risks-report-2022/>
40. **Abadie L.J., Cranford N., Lloyd C.W., Shelhamer M.J., Turner J.L.** NASA Human Research Program. The Human Body in Space // *Nasa*: [сайт]. 2021. URL: <https://www.nasa.gov/hrp/bodyinspace>
41. **Ravenscroft T.** Voyager Station space hotel will spin "slightly faster than the second hand of a clock" says its architect // *Dezeen*: [сайт]. 2021. URL:



- <https://www.dezeen.com/2021/03/29/space-hotel-2027-architect-tim-alatorre/>
42. **Crane K.W.** Market Analysis of a Privately Owned and Operated Space Station // *Jstor*: [сайт]. 2017. URL: <https://www.jstor.org/stable/>
 43. **Yazici A.M., Tiwari S.** Space Tourism: An Initiative Pushing Limits // *Toleho*. 2021. 3(1). P. 38-46. URL: https://www.researchgate.net/publication/350458479_Space_Tourism_An_Initiative_Pushing_Limits
 44. **Hollister W., Menning M.D.** Periodic swing-by orbits between earth and Venus // *ARC*: [сайт]. 1970. URL: <https://arc.aiaa.org/doi/10.2514/3.30134>
 45. Timekeeping on Mars // *Wikipedia*: [сайт]. 2022. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Timekeeping_on_Mars
 46. **Aldrin E.E., Friedlander A.L., Niehoff J.C., Byrnes D.V.** Cyclic Trajectory Concepts. 1986. URL: <https://engineering.purdue.edu/people/james.m.longuski.1/JournalArticles/1993/CyclorOrbitbetweenEarthandMars.pdf>
 47. Pioneer 10. // *Wikipedia*: [сайт]. 2022. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Pioneer_10
 48. Voyager program // *Wikipedia*: [сайт]. 2022. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Voyager_program
 49. **Grishin Yu. I.** Artificial Space Ecosystems // *Epizodyspace*: [сайт]. 1989. URL: <http://epizodyspace.ru/bibl/znan/1989/7/7-iss-kosm-ekos.html>

Поступила в редакцию 31.10.2022

Одобрена после рецензирования 30.11.2022

Принята к опубликованию 06.12.22

REFERENCES

1. **Rastorguev, S.V.** (2012) Real architecture is unpredictable, *Tatlin Mono*. 3/31/110, pp. 132–139. (in Russian).
2. **Rastorguev S.** Stream City Project // *l'Arca International*. 2015. 127. P. 66-69.
3. **Fauchier-Magnan, G.** (2014) La Terre est Bleue: Sea atlas of the 21th century, *Marine Nationale Française*, pp. 152-153.
4. **Rougerie, J.** (2021) *La Fondation Jacques Rougerie Database*. [online] International Database. Available at: <http://www.jacquesrougeriedatabase.com>
5. **Rastorguev, S.V. & Kudryashov, M.N.** (2022) *Alternative*. M.: Izd-vo «Resheniya» (in Russian).
6. **Orlova, O.V. & Rastorguev, S.V.** (2022) *Futuristic projects for the competition Jacques Rougerie*. [online] Portal «Arhitektura i entropiya». Available at: <https://cih.ru/fx/jr.html> (in Russian).
7. Challenging the Kármán line from above. NASA, Houston. We Have a Podcast // *Space Exploration*: [сайт]. 2018. URL: <https://space.stackexchange.com>
8. **Rastorguev, S.V. & Tikhonov, K.A.** (2013) "Stream City" project, *Arhitekturnyj zhurnal CIHa*. [online] Available at: <https://cih.ru/j3/183.html> (in Russian).
9. **Ferl R.** Greenhouses for Mars // *NASA Science*: [сайт]. 2004. URL: https://science.nasa.gov/science-news/science-at-nasa/2004/25feb_greenhouses/
10. **Lemeshko, A.V.** (2009) *The Babel Tower Space Elevator*. [online] Samlib. Available at: http://samlib.ru/editors/l/lemeshko_a_w/azz.shtml (in Russian).



11. **Kelso T.S.** Basics of the Geostationary Orbit // *CelesTrak*: [сайт]. 1998. URL: <http://celestrak.org/columns/v04n07/>
12. **Gosselin P.** Long Term Tide Gauge Data Show 21st Century Sea Level Rise Will Be Approximately As Much As The 20th Century // *NoTricksZone*: [сайт]. 18 April 2014. URL: <http://notrickszone.com/2014/04/18/long-term-tide-gauge-data-show-21st-century-sea-level-rise-will-be-approximately-as-much-as-the-20th-century/#sthash.v8PhgSdW.qwp9PXfz.dpbs>
13. **Kudryashov, M.N. & Kiselyov, A.S.** (2013) The project "A drop in the ocean", *Arhitekturnyj zhurnal CIHa* [online]. Available at: <https://cih.ru/j3/199.html>. (in Russian).
14. **Kudryashov, M.N., Rastorguev, S.V. & Sakharov, R.A.** (2014) Arks, *Arhitekturnyj zhurnal CIHa*. [online] Available at: <https://cih.ru/j3/256.html> (in Russian).
15. **Cook P., Webb M., Greene D.** Archigram group // Archigram: [сайт]. 2015. URL: <http://www.archigram.net/about.html>
16. **Katsnelson M.I.** Graphene: Carbon in Two Dimensions. New York: Cambridge University Press, 2012. 366 p.
17. **Zhu Y.** Laboratory Grows World Record Length Carbon Nanotube. Los Alamos National Laboratory // *Science Daily*. 17 September 2004.
18. URL: <https://www.sciencedaily.com/releases/2004/09/040917091336.html>
19. **Cowing, K.** (2018) *New Study Finds Sea Level Rise Accelerating*. [online] SpaceRef. Available at: <https://spaceref.com/earth/new-study-finds-sea-level-rise-accelerating/>
20. **Kudryashov, M.N., Rastorguev, S.V., Shishkov, A. & Murodbekov, F.** (2015) Memory Collector / Collectionneur de mémoire, *Arhitekturnyj zhurnal CIHa*. [online] Available at: <https://cih.ru/j3/303.html> (in Russian).
21. **Jencks C.A.** The New Paradigm in Architecture. Yale University Press, 2002. 288 p.
22. **Feldmann J., Levermann A.** Collapse of the West Antarctic Ice Sheet after local destabilization of the Amundsen Basin // *PNAS*. 2015. URL: <https://www.pnas.org/doi/full/10.1073/pnas.1512482112>
23. **Smirnova, I.E., Mezenina, L.A., Ogurtsov, S.V., Burykina, A.V., Tsvetkov, A.A., Golitsyna, S.A. & Rastorguev, S.V.** (2017) T.H.I.R.S.T., *Arhitekturnyj zhurnal CIHa*. [online] Available at: <https://cih.ru/j3/501.html> (in Russian).
24. **Lewis E.** The 8-minute travel time to Earth by sunlight hides a thousand-year journey that actually began in the core // *NASA*: [сайт]. 2007. URL: https://sunearthday.nasa.gov/2007/locations/ttt_sunlight.php
25. **Jacob A.** Light completely stopped for a record-breaking minute // *New Scientist*: [сайт]. 2013. URL: <https://www.newscientist.com/article/dn23925-light-completely-stopped-for-a-record-breaking-minute/>
26. **Yamakawa H.** Small Solar Power Sail Demonstrator "IKAROS" // *Japan Aerospace Exploration Agency*: [сайт]. 2015. URL: <https://global.jaxa.jp/projects/sas/ikaros/>
27. **Baranov, V.B.** (2001) *What is the solar wind*. [online] Astronet. Available at: <http://www.astronet.ru/db/msg/1171268> (in Russian).
28. **Kudryashov, M.N., Rastorguev, S.V., Ter-Stepanyan, A.L. & Vladov, I.A.** (2018) Nomadic city, *Arhitekturnyj zhurnal CIHa*. [online] Available at: <https://cih.ru/j3/633.html> (in Russian).
29. **Weisberg O.L.** (1986) Solar wind, *Fizika kosmosa: Malen'kaya enciklopediya*. 2-e izd. M.:



- Sovetskaya enciklopediya, pp. 636–639. (in Russian).
30. **Wenzhong Z.** The Theory of Super Photon and the Cosmological Insight into the Physical Origin of the Hubble Constant and the Universal Gravity // *Foundation theories of Physics*. December. 2019. DOI:10.13140/RG.2.2.13263.43680. URL: https://www.researchgate.net/publication/337683010_The_Theory_of_Super_Photon_and_the_Cosmological_Insight_into_the_Physical_Origin_of_the_Hubble_Constant_and_the_Universal_Gravity
 31. **Novoselov, K.S.** (2011) Graphene: Flatland materials, *Uspekhi fizicheskikh nauk*, 181, pp. 1299–1311. DOI:10.3367/UFNr.0181.201112f.1299 (in Russian).
 32. **Petrova, P.V. & Rastorguev, S.V.** (2022) The Spaceport Ra project, *Arhitekturnyj zhurnal CIHa*. [online] Available at: <https://cih.ru/j3/a63.html> (in Russian).
 33. Mars cycler // *Wikipedia*: [сайт]. 2022. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Mars_cycler
 34. **Mark J.J.** Ra (Egyptian God) // *Worldhistory*: [сайт]. 2021. URL: [https://www.worldhistory.org/Ra_\(Egyptian_God\)/](https://www.worldhistory.org/Ra_(Egyptian_God)/)
 35. **Davis N.** Will you become a citizen of Asgardia, the first nation state in space? // *The guardian*: [сайт]. 2016. URL: <https://www.theguardian.com/science/2016/oct/12/will-you-become-a-citizen-of-asgardia-the-first-nation-state-in-space>
 36. **Neel V.** The 11 biggest space missions of 2021 (and their chances of success). URL: <https://www.technologyreview.com/2021/01/04/1015519/the-11-biggest-space-missions-of-2021>
 37. **Nixon D., Kaplinck J.** What does living in space herald for the future of architecture? // *Architectural-review*: [сайт]. 1984. URL: <https://www.architectural-review.com/essays/what-does-living-in-space-herald-for-the-future-of-architecture>
 38. **Crook L.** BIG and ICON to 3D-print structure exploring "new Martian vernacular" for NASA // *Dezeen*: [сайт]. 2021. URL: <https://www.dezeen.com/2021/08/10/big-icon-3d-print-mars-dune-alpha-nasa/>
 39. **Franco E.G., Kuritzky A.M., Lukacs R., Zahidi S. et. al.** Global Risks: Report 2022 // *Weforum*: [сайт]. 2022. URL: <https://www.weforum.org/reports/global-risks-report-2022/>
 40. **Abadie L.J., Cranford N., Lloyd C.W., Shelhamer M.J., Turner J.L.** NASA Human Research Program. The Human Body in Space // *Nasa*: [сайт]. 2021. URL: <https://www.nasa.gov/hrp/bodyinspace>
 41. **Ravenscroft T.** Voyager Station space hotel will spin "slightly faster than the second hand of a clock" says its architect // *Dezeen*: [сайт]. 2021. URL: <https://www.dezeen.com/2021/03/29/space-hotel-2027-architect-tim-alatorre/>
 42. **Crane K.W.** Market Analysis of a Privately Owned and Operated Space Station // *Jstor*: [сайт]. 2017. URL: <https://www.jstor.org/stable/>
 43. **Yazici A.M., Tiwari S.** Space Tourism: An Initiative Pushing Limits // *Toleho*. 2021. 3(1). P. 38–46. URL: https://www.researchgate.net/publication/350458479_Space_Tourism_An_Initiative_Pushing_Limits
 44. **Hollister W., Menning M.D.** Periodic swing-by orbits between earth and Venus // *ARC*: [сайт]. 1970. URL: <https://arc.aiaa.org/doi/10.2514/3.30134>
 45. Timekeeping on Mars // *Wikipedia*: [сайт]. 2022. URL:



https://en.wikipedia.org/wiki/Timekeeping_on_Mars

46. **Aldrin E.E., Friedlander A.L., Niehoff J.C., Byrnes D.V.** Cyclic Trajectory Concepts. 1986.
URL: <https://engineering.purdue.edu/people/james.m.longuski.1/JournalArticles/1993/CyclerOrbitbetweenEarthandMars.pdf>
47. Pioneer 10. // *Wikipedia*: [сайт]. 2022. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Pioneer_10
48. Voyager program // *Wikipedia*: [сайт]. 2022. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Voyager_program
49. **Grishin Yu. I.** Artificial Space Ecosystems // *Epizodyspace*: [сайт]. 1989. URL: <http://epizodyspace>

Received 31.10.2022

Approved after reviewing 30.11.2022

Accepted 06.12.22