

SMART-ТЕХНОЛОГИИ В АРХИТЕКТУРЕ ДЕТСКИХ РАЗВИВАЮЩИХ ЦЕНТРОВ

Татьяна Викторовна Ворончихина, Людмила Владимировна Анисимова

Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет (НИУ МГСУ);
г. Москва, Российская Федерация

В статье анализируются архитектурно-планировочные приемы энергоэффективных детских развивающих центров, а также SMART-технологии, применяемые в развитии и экологическом обучении детей. На основе системного подхода анализу подвергаются связи между элементами и подсистемами, их степень автономности и возможность апгрейда каждой составляющей. Определенная степень свободы элементов позволяет всей системе развиваться более устойчиво. Рассматривается влияние игровых SMART-технологий, заложенных в обучающие программы детских развивающих центров, на снижение негативного влияния объекта на экосистему. Действующие полезные модели внедряются в архитектуру детского развивающего центра, что наглядно демонстрирует преимущества новых энергоэффективных систем в эксплуатации объекта для воспитанников. Выявлены экологические преимущества архитектурно-планировочных приемов, учитывающих энергосбережение и сокращение энергопотребления с использованием игровых смарт-технологий. Анализ реализованных объектов, удостоенных сертификации LEED®, позволяет выявить экологические преимущества устойчивого развития архитектуры объекта и синергетического эффекта в воспитательных процессах нового поколения детей.

Ключевые слова: устойчивое развитие, SMART-технологии, эффективность архитектурно-планировочного решения, детский развивающий центр

Для цитирования: Ворончихина Т.В., Анисимова Л.В. SMART-технологии в архитектуре детских развивающих центров // Биосферная совместимость: человек, регион, технологии. 2024. № 4. С. 21–31. DOI: 10.22227/2311-1518.2024.4.21-31.

SMART TECHNOLOGIES IN THE ARCHITECTURE OF CHILDREN'S DEVELOPMENT CENTERS

Tatyana V. Voronchikhina, Liudmila V. Anisimova

Moscow State University of Civil Engineering (National Research University) (MGSU); Moscow, Russian Federation

The article analyzes the architectural and planning techniques of energy-efficient children's development centers, as well as SMART technologies used in children's development and environmental education. Based on a systematic approach, the analysis examines the relationships between elements and subsystems, their degree of autonomy and the possibility of upgrading each component. A certain degree of freedom of elements allows the entire system to develop more sustainably. The influence of gaming SMART technologies embedded in the educational programs of children's development centers on reducing the negative impact of the facility on the ecosystem is considered. Existing utility models are being implemented in the architecture of the children's development center, which clearly demonstrates the advantages of new energy-efficient systems in the operation of the facility for students. The ecological advantages of architectural and planning techniques that take into account energy conservation and reduced energy consumption using gaming smart technologies have been identified. An analysis of implemented facilities that have been awarded LEED® certification allows us to identify the environmental benefits of sustainable architectural development and the synergistic effect in the educational processes of a new generation of children.

Keywords: sustainable development, SMART technologies, efficiency of architectural planning solution, children's development center

For citation: Voronchikhina T.V., Anisimova L.V. SMART technologies in the architecture of children's development centers. Biosphere Compatibility: Man, Region, Technology. 2024; 4:21-31. DOI: 10.22227/2311-1518.2024.4.21-31 (rus.).

Архитектура детских развивающих центров в настоящее время находится в процессе формирования новой типологии. Разработка теоретико-прикладных основ формирования новой типологии должна осуществляться на основе современных подходов устойчивого развития. Типологическая

модель образовательного центра должна удовлетворять потребностям нынешних и будущих поколений, поставивших перед собой цель сохранения окружающей среды. Воспитание детей на принципах устойчивого развития должно иметь инновационно-опережающий характер [1]. Демонстрация

инновационных технологий должна быть реализована в здании, демонстрирующем этот подход. Энергоэффективные здания выступают в роли образовательных лабораторий для приобщения детей к искусству, естественным наукам и учат бережному отношению к окружающей среде [2]. Современная образовательная система в детских развивающих центрах невозможна без применения игровых технологий. Игровой процесс становится не просто средством развлечения детей, он является способом обучения. Развитие информационных технологий является движущей силой не только в образовательных процессах, но и в других сферах жизнедеятельности людей, поэтому вопрос внедрения игровых smart-технологий в пространства детских развивающих центров становится одним из ключевых для современного общества.

Целью исследования является выявление экологических преимуществ интеграции smart-технологий в пространства детских развивающих центров с позиций системного подхода.

Исследования, посвященные типологии обучающих пространств, достаточно широко представлены в трудах следующих авторов: А.Л. Гельфонд [3], А.В. Попов [4], Т.Ю. Быстрова [5], С.А. Исакова [6], С.А. Истомин [7], О.В. Масловская [8], О.В. Лилуева [9] и многих других. Вопросам экологического воспитания и внедрения «зеленых технологий» в образовательные учреждения посвящены работы И.С. Родионовской [10], В.А. Павловой [11], Л.Б. Кологривовой [12], А.В. Антонова [13], Д.О. Бабкиной [14], Р.Ю. Яновой [14]. Исследования, посвященные системному подходу к формированию планировочной структуры образовательных центров, достаточно редки (С.А. Истомин [7], В.Ю. Анисимов [1]).

Опираясь на позиции системного подхода в проектировании детского развивающего центра (далее ДРЦ), необходимо приступать к исследованию сложных систем, основываясь на синергетической теории мышления. Типологическая модель инновационного объекта, как правило, является результатом эволюционных процессов перерождения устоявшейся типологии базовой модели образовательного учреждения. Эволюция сложных систем, отражающая переход системы в качественно иное состояние, и степень ее стабильности может быть описана с помощью теории бифуркации. «Чем сложнее система, тем более многочисленны типы флуктуаций, угрожающих ее устойчивости. Но в сложных системах существуют связи между различными частями. От исхода конкуренции между устойчивостью, обеспечивающейся связью, и неустойчивостью из-за флуктуаций зависит порог устойчивости системы» [15].

При проектировании сложного объекта, которым является детский развивающий центр, необходимо учитывать ряд условий и факторов, влияющих на функционирование системы. Это природно-климатические факторы и технологические условия развития страны и общества [16]. Системность предполагает структурную упорядоченность подсистем разного уровня, между которыми существуют множественные связи и на которые оказывают влияние условия и факторы окружающей среды. Для понимания работы сложных систем следует разделить сложную систему на подсистемы: материальную и социальную, которые влияют на функционирование системы ДРЦ. Материальная составляющая — это само здание, состоящее из несущих, ограждающих элементов, вертикальных коммуникаций, инженерных сетей, мебели и оборудования. Социальная составляющая системы состоит из процессов и участников этих процессов. Процессы — это обучающие, воспитательные, физиологические процессы (потребность в еде, чистом воздухе, туалете), социальные контакты. К подсистеме участников процессов относятся учащиеся, педагоги, родители, воспитатели, волонтеры (табл. 1). Для устойчивого развития всей системы подсистемы и ее элементы должны иметь определенную степень свободы и автономности. Это позволяет в случае стагнации одного из элементов корректировать, модифицировать или изменять программу каждого из элементов, не нарушая функционирования целой системы ДРЦ [1].

На фоне общей мировой тенденции снижения энергопотребления и воздействия на окружающую природную среду начал формироваться новый взгляд на конструктивные и технологические характеристики зданий, поскольку городское хозяйство является крупнейшим потребителем энергии (более 40 % потребления тепловой энергии и 20 % электричества). Глобальные энергоресурсы ограничены, что подтверждают события последних лет, и проблема разумного потребления является на сегодняшний день наиболее актуальной [17]. Проблему формирования нового типа здания ДРЦ необходимо решать на качественно новом уровне, учитывая достижения строительной отрасли в технологиях энергосбережения. Идея SMART-образования связана с обучением детей в интерактивном пространстве, которое само является обучающей средой, способной на практике демонстрировать инновационные технологии. Данная концепция основана на следующих принципах: S — self-directed (самостоятельное); M — motivated (мотивированное); A — adaptive (адаптивное); R — resource-enriched (обогащенное ресурсами и возможностями); T — technological (технологичное) [18]. Практическая реализация вышеперечисленных принципов происходит следующим образом: этап стимулирования

Таблица 1. Факторы и условия, предопределяющие проектирование системы ДРЦ

Факторы и условия, влияющие на функционирование системы ДРЦ		
Природно-климатические условия	Градостроительные факторы	Технологические факторы
Температурно-влажностный режим региона. Скорость и направление ветра. Уровень солнечной радиации. Ориентация участка проектирования. Рельеф и почвы. Гидрологические особенности. Растительность	Функционально-планировочное зонирование территории города. Транспортная инфраструктура. Пешеходная сеть. Инженерная инфраструктура. Степень экологического загрязнения. Озеленение и благоустройство	Техническое оснащение систем освещения. Техническое оснащение систем отопления и вентиляции. Техническое оснащение систем водоснабжения и водоотведения. Техническое оснащение систем теплоизоляции
		
Подсистемы, входящие в систему ДРЦ		
Подсистема «здание»	Подсистема «процессы»	Подсистема «участники процессов»
Несущие элементы здания. Ограждающие элементы здания. Вертикальные коммуникации. Инженерные сети. Оборудование. Мебель	Обучающие процессы. Воспитательные процессы. Физиологические процессы. Социальные контакты	Обучающиеся. Учителя и наставники. Воспитатели. Волонтеры. Родители. Обслуживающий персонал

познавательного интереса в образовательный процесс при помощи игровых технологий, следующий этап — применение полученных знаний на практике или в экспериментальной обучающей среде ДРЦ. В настоящее время объектами с экспериментальными пространствами становятся детские научно-образовательные и развивающие центры. Такие пространства предоставляют посетителям возможность взаимодействовать с динамическими инсталляциями, сенсорными дисплеями, инженерными и природными симуляторами, а также другими мультимедийными технологиями, которые помогают воспитанникам погрузиться в среду научной творческой и инженерной деятельности. Особую популярность набирают технологии образовательной робототехники [19].

На основе анализа реализованных объектов, получивших сертификаты «энергопассивных зданий», исследуем технологические новинки, внедренные в архитектурно-планировочное решение. Исследованию подвергнутся объекты, связанные с обучением и развитием детей: научно-экологический центр школы Нуэва (Калифорния, США, Leddy Maytum Stacy Architects 2007), школа лидерства и устойчивого развития Кэтрин Гримм (Нью-Йорк, США, Skidmore, Owings & Merrill LLP (SOM) 2015), Гавайская подготовительная академия (Камуэлла, Гавайи, Flansburgh Architects 2010), Христиан Гюйгенс колледж (Эйндховен, Нидерланды, PAU 2010). Анализ данных объектов авторами проводится согласно разделению на подсистемы. Основное внимание уделяется подсистеме здания и его

элементам. Поскольку ранее было отмечено, что эффективность функционирования системы в целом обеспечивается за счет определенной степени свободы и автономности отдельных элементов подсистемы, акцент будет смещен не только на описание функционирования каждого элемента, но и на его степень свободы.

Первый элемент подсистемы здания — это несущий конструктивный остов. Для достижения энергоэффективности и устойчивости развития системы конструктивный остов не зависит от ограждающих элементов (табл. 2).

Во всех исследуемых объектах применяется каркасная конструктивная система с монолитными перекрытиями при минимальном количестве опор или поперечные несущие стены. Такая конструктивная система, неизменно сохраняя свои несущие способности, позволяет создавать более гибкие планировочные решения пространств за счет трансформируемых перегородок. Кроме того, она допускает любую конфигурацию внешней формы [20].

Ограждающие элементы здания — это второй элемент подсистемы. Сюда входят навесные фасадные системы, эксплуатируемая кровля. В результате своей автономности эти элементы могут быстро монтироваться и демонтироваться. А также с развитием технологий, не нарушая конструктивной целостности, могут проходить процедуру апгрейда. Это своего рода интерактивные пособия, которые используются в процессе обучения. К ограждающим элементам архитектурного объекта относятся кровли, навесные фасадные системы. Они защи-

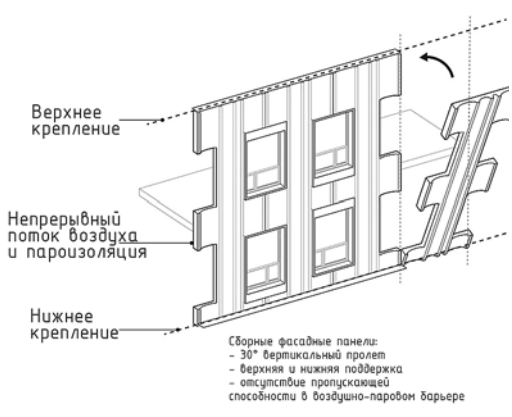
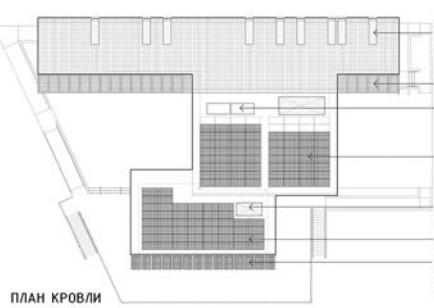
Таблица 2. Несущие элементы конструктивного остова зданий ДРЦ

Описание	Планировочное решение	Фото
Здание в два этажа компактной формы, имеющее внутренний атриум. Форма плана определена минимизацией теплопотерь	 а	 б
Здание имеет 2 этажа. Форма плана определена обтекаемостью формы в условиях сильных ветров и сокращения теплопотерь	 а	 б
Здание в один этаж расположено на склоне. Имеет три террасы. Климатическая зона задает требования к созданию условий для хорошего проветривания	 а	 б
Здание имеет 3 этажа и 2 корпуса: библиотека с медиацентром, студенческий корпус и учебный блок с административной. Теплый климат позволяет разделять объем на отдельные блоки и проводить занятия на открытом воздухе	 а	 б

щают здание от внешних воздействий, обеспечивают тепло- и звукоизоляцию, а также играют немаловажную роль в процессах энергосбережения.

Ограждающие элементы зданий создают защитную оболочку как от перегрева, как в случае с объектом на Гавайях, так и защиту от теплопотерь (табл. 3).

Таблица 3. Ограждающие элементы зданий ДРЦ

Описание	Иллюстрация
<i>a</i> — 30-футовые сборные бетонные панели, герметично подходящие друг к другу, не требующие пароизоляции; <i>b</i> — специальные окна на южной стороне здания, которые предохраняют помещения от излишнего перегрева; солнечные панели на кровле и с южной стороны здания аккумулируют солнечную энергию	 Верхнее крепление Непрерывный поток воздуха и пароизоляция Нижнее крепление Сборные фасадные панели: – 30" вертикальный пролет – верхняя и нижняя поддержка – отсутствие пропускающей способности в воздушно-паровом барьере  Фотоэлектрические панели прикрепленные к фасаду Изолированные панели перемычек Окно с покрытием, рассеивающим свет Изолированное окно Металлическая накладка Бетонный борт Независимая конструкция для фотоэлектрических панелей Монтажные зажимы Раскрывающееся окно Метал.панель Индукционный блок <i>a</i> <i>b</i> Школа лидерства и устойчивого развития Кэтлин Гримм (Нью-Йорк, США, Skidmore, Owings & Merrill LLP (SOM))
<i>a</i> — эксплуатируемая крыша здания покрыта гибкими солнечными панелями, вырабатывающими электричество, которые используются в качестве наглядного пособия при обучении; <i>b</i> — фасадные навесные системы создают герметичное покрытие, изолирующее здание от теплопотерь	 <i>a</i>  <i>b</i> Христиан Гюйгенс колледж (Эйндховен, Нидерланды)
<i>a</i> — кровля здания защищает внутреннее пространство от солнечных лучей и несет установленные солнечные панели; <i>b</i> — кровля защищает южный фасад здания от перегрева	 ПЛАН КРОВЛИ Мансардное окно из гофрированного стеклоблока Панель радиационного теплообмена Солнечные коллекторы Солнечные панели Мансардное окно из гофрированного стеклоблока Солнечные панели Двухстороннее фотоэлектрическое покрытие  <i>b</i> Гавайская подготовительная академия (Камуэлла, Гавайи, Flansburgh Architects)

Описание	Иллюстрация
<i>a</i> — зеленые крыши поглощают и удерживают дождевую воду, площадки используются в качестве образовательных пространств; <i>b</i> — крыша снабжена солнечными панелями, обеспечивая объект электроэнергией. Ограждающие конструкции стен выполнены из переработанных материалов	 <i>a</i> <i>b</i> Научно-экологический центр школы Нуэва (Калифорния, США, Leidy Maytum Stacy Architects)

Кровли зданий снабжены солнечными панелями, которые перерабатывают солнечную энергию в электрическую, позволяя образовательным объектам обеспечивать себя энергией. Энергоэффективность и автономность этой подсистемы позволяет производить апгрейд в случае появления технологических новинок, не создавая угрозы несущей подсистеме здания. Кроме того, элементы этой подсистемы являются учебными пособиями для воспитанников ДРЦ.

Инженерные сети — третий элемент подсистемы здания, который включает в себя системы отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха, водоснабжения, электроснабжения. Инженерные сети представляют собой комплексную систему инженерных коммуникаций, обеспечивающих функционирование здания при минимальном потреблении энергии (табл. 4).

Все исследуемые объекты являются зданиями с нулевым воздействием на окружающую среду. Во всех объектах организован сбор дождевой воды, ее очистка и повторное использование в технических целях для туалетов. Для отопления зданий школы Кэтрин Гримм и колледжа Христиана Гюнгенса применяются тепловые насосы, использующие геотермальную воду для подогрева воздуха, который подается через системы рекуперации. В объектах, расположенных в южных зонах, формобразование кровель и мансардные окна спроектированы таким образом, чтобы осуществлялось сквозное естественное проветривание. Развитие смарт-технологий способствует повышению эффективности и уровня инноваций в области инженерии. Инженерные коммуникации могут автоматизироваться и оптимизироваться с помощью смарт-технологий. Инженерные системы проектируются таким образом, чтобы во время эксплуатации они не были

связаны с несущими и ограждающими подсистемами и были автономны [21].

Четвертой подсистемой здания является оборудование и мебель. Оборудование является устройством, благодаря которому осуществляется процесс воспитания и обучения. К нему относятся: сантехническое, кухонное, световое, инженерное и строительное, технологическое и другие. Эта подсистема также является автономной. Степень автономности определяется возможностью доступа к этому оборудованию без нарушения несущих способностей конструкций и ограждающих систем.

В школе лидерства и устойчивого развития Кэтрин Гримм установлено специальное кухонное оборудование с низким энергопотреблением, а также запроектированы системы информационных панелей. В научно-экологическом центре школы Нуэва используются сантехнические устройства со сверхнизким расходом: сантехнические приборы подключены к системе повторного использования ливневой воды. Кроме того, в образовательном здании установлено энергоэффективное освещение, в котором с помощью датчиков, реагирующих на движение человека, контролируется расход электроэнергии.

Немаловажную роль в системе проектирования ДРЦ занимают интерьерные решения, а именно: использование и размещение мебели, которая бы способствовала эффективному образовательному процессу. Современная мебель может представлять собой модульную единицу, которую легко трансформировать и объединять в блоки для удобства осуществления учебного процесса. Трансформируемая мебель обладает рядом преимуществ: экономия места, адаптация под различные задачи и потребности, многофункциональность, легкость в уходе, стильный дизайн. Так, например, в научно-экологическом центре школы Нуэва был проведен опрос среди учащихся и преподавателей, согласно которому, были учтены запросы

Таблица 4. Инженерные коммуникации зданий ДРЦ

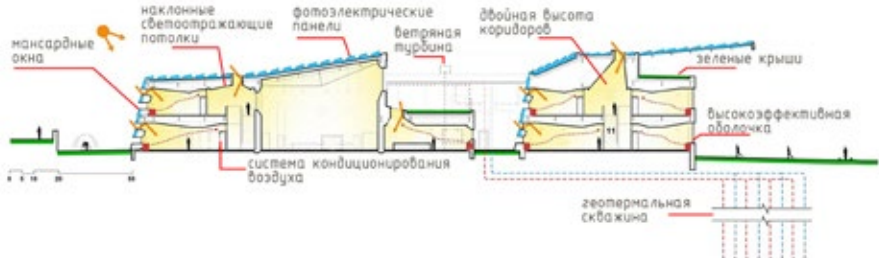
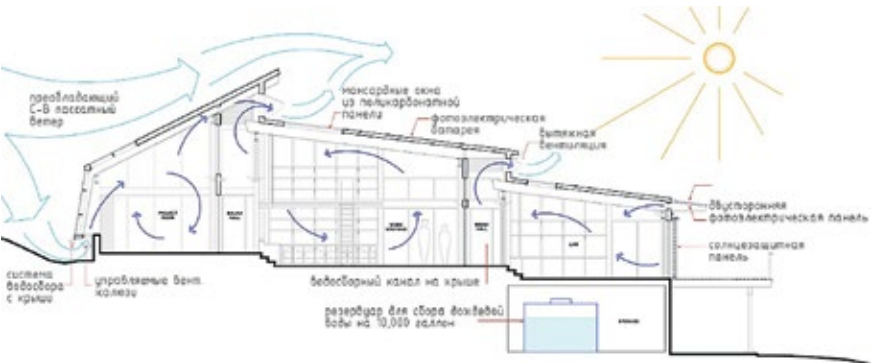
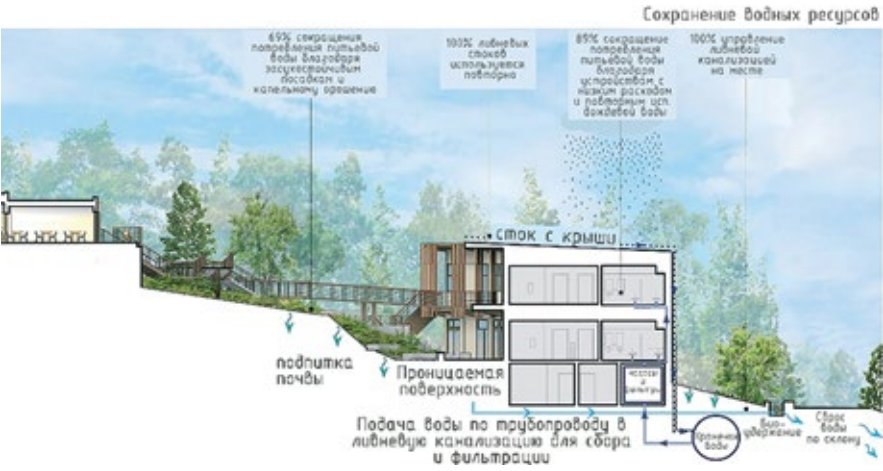
Описание	Схема
Включает в себя геообменную систему отопления и охлаждения, вентиляторы с рекуперацией энергии и вентиляцию с контролем расхода	 Школа лидерства и устойчивого развития Кэтлин Гримм (Нью-Йорк, США, Skidmore, Owings & Merrill LLP (SOM))
Тепловая энергия, вырабатываемая солнечными панелями на крыше, используется для обогрева спортивного центра колледжа и жилого района	 Христиан Гюйгенс колледж (Эйндховен, Нидерланды)
Благодаря установленным 250 датчикам здание имеет возможность саморегулирования систем охлаждения, обогрева, относительной влажности, выработки энергии, поддержания уровня углекислого газа. Используется система лучистого охлаждения: вода циркулирует в ночное время суток по тепловым панелям крыши и охлаждается, накапливаясь в резервуаре, а днем используется для приточно-вытяжных установок	 Гавайская подготовительная академия (Камуэлла, Гавайи, Flansburgh Architects)
Процессы очистки дождевой воды являются руководящим принципом проектирования. Повторное использование дождевых стоков позволяет существенно сократить расходы ресурсов и повысить энергоэффективность объекта	 Научно-экологический центр школы Нуэва (Калифорния, США, Leddy Maytum Stacy Architects)

Таблица 5. Процессы, протекающие в детских развивающих центрах

Наименование объекта	Описание
А — школа лидерства и устойчивого развития Кэтлин Гримм (Нью-Йорк, США, Skidmore, Owings & Merrill LLP (SOM))	Рассматриваемая школа обеспечивает учебную среду, в которой здание является активным участником образовательного процесса. Для учащихся и преподавателей предоставляется возможность управления энергопотреблением в рамках образовательных программ. Различные графические материалы и интерактивные экраны, интегрированные в дизайн школы, способствуют просвещению общества в вопросах энергоэффективности объекта. Стратегии устойчивого развития здания изучаются пользователями на занятиях через информационные системы [22] ¹
В — Христиан Гюйгенс колледж (Эйндховен, Нидерланды)	Интерес к проблемам энергетики и рационального использования ресурсов подтолкнул внедрить в учебные образовательные программы изучение данных вопросов. Это внесло значительный вклад в непрерывное профессиональное образование обучающихся. Устойчивое развитие становится частью образовательной системы и включается в программу как отдельная дисциплина ²
С — Гавайская подготовительная академия (Камуэлла, Гавайи, Flansburgh Architects)	Экспериментальным пространством становится энергетическая лаборатория, разработанная для детей с целью мотивировать молодое поколение на новые открытия, исследования и эксперименты. Планировочное решение объекта позволяет проводить образовательные процессы как внутри здания, так и на свежем воздухе. Образовательная миссия здания становится ключевой в устойчивом развитии данного объекта, так как образовательный процесс протекает на примере окружающей среды. Дети изучают то, что их окружает, в том числе и энергоэффективные процессы ³
Д — Научно-экологический центр школы Нуэва (Калифорния, США, Leddy Maytum Stacy Architects)	Экспериментальное пространство, в котором элементы благоустройства и ландшафтного дизайна находят отклик в образовательной программе. Экологические пространства помогают осуществить взаимодействие между наукой, культурой, природой и обществом. Открытые экологические образовательные пространства центра учат детей бережно относиться к окружающей среде и обращать внимание на проблемы сохранения природных ресурсов. Особое внимание в проекте уделяется сохранению водных ресурсов: дождевая вода была включена в дизайн в качестве дидактического и игрового средства [22]

и подобрана соответствующая меблировка. Ярким примером трансформируемой мебели являются столы с регулируемыми опорами, которые также способные принимать различные конфигурации⁴. В интерьерных решениях зданий архитекторы все чаще стали вводить яркие цвета в учебные пространства, благодаря которым стимулируется активная деятельность, располагающая к обучению и легкой ориентации в пространстве. Например, в Христиан Гюйгенс колледже каждый из трех образовательных блоков имеет свою цветовую маркировку. Это помогает воспитанникам быстрее находить аудитории в блоках и подниматься по соответствующей лестнице или лифту.

¹ Kubany E.H. New York city's first net zero energy school dedicated // The Kathleen Grimm school. 2015. Pp. 1–2. URL: <https://www.dematteisorg.com/wp-content/uploads/2015/11/PS-62-SOM-Press-Release-November-2015.pdf>

² Заключительный отчет о преимуществах ознакомительной поездки в Нидерланды, 6–12 марта 2012. URL: [https://www.duurzaammbn.nl/images/c2c/Robert %20Furness %20Final %20Report.pdf](https://www.duurzaammbn.nl/images/c2c/Robert%20Furness%20Final%20Report.pdf) (дата обращения: 01.05.2024).

³ Кэт Хой. Энергетическая лаборатория Гавайской подготовительной академии // Flansburgh Architects 2010. ArchDaily. URL: <https://www.archdaily.com/64732/hawaii-preparatory-academy-energy-laboratory-flansburgh-architects> (дата обращения: 01.05.2024).

⁴ Моранси М. Учебный комплекс Nueva School Hillside // Американский институт архитекторов. 2024. URL: <https://www.aiaaopen.org/node/129> (дата обращения: 30.04.2024).

Образовательные пространства и развивающие детские центры сегодня становятся общедоступными. Стремительно расширяется круг участников обучающего, воспитательного, физиологического и социальных процессов. Данные пространства предназначаются не только для получения новых знаний, но и используются в качестве культурных площадок районного значения, здесь могут проводиться городские спортивные мероприятия. Такие тенденции поспособствовали развитию архитектурно-планировочных решений. Грамотное планирование функциональных процессов внутри таких комплексов является ключевым моментом при проектировании. Для обеспечения необходимых требований по безопасности и санитарным нормам создаются дополнительные отдельные входные группы с целью разделения потоков людей. Образовательные организации становятся центрами общественной жизни.

Рассматривая протекающие процессы внутри детских развивающих центров, важно отметить, что современная архитектура становится экспериментальной площадкой, способствующей комплексному развитию детей. Энергоэффективная архитектура является наглядным примером развития смарт-технологий, которые неразрывно связаны с образовательными процессами. Изучение энерго-

эффективных технологий способствует повышению качества непрерывного образования среди молодого поколения (табл. 5).

Каждая из подсистем, обладая определенной степенью автономности и гибкости, позволяет системе здания ДРЦ устойчиво развиваться во времени. Устаревание одного или нескольких технических элементов здания позволяет сделать их быструю замену, не задевая другие подсистемы. При слаженной работе всех подсистем и элементов здания достигается синергетический эффект. Кроме того, можно выделить следующие экологические преимущества интеграции смарт-технологий в пространства детских развивающих центров:

1. Сокращение потребления электроэнергии в бюджетной сфере, к которой относятся ДРЦ. Использование смарт-технологий позволяет оптимизировать потребление энергии, например, с помощью умных датчиков освещения и климатического контроля.

2. Улучшение качества воздуха. Использование умных систем вентиляции и очистки воздуха помогает поддерживать оптимальные условия для здоровья детей и снижает риск возникновения заболеваний, связанных с загрязнением воздуха.

3. Минимизация отходов. Использование смарт-технологий позволяет эффективнее управлять ресурсами и материалами, что помогает сократить

количество отходов, выделяемых в окружающую среду.

4. Переработка материалов и повторное использование ресурсов. Цифровизация процессов в детских центрах позволяет сократить использование бумаги и прочих материалов, что, в свою очередь, снижает негативное воздействие на окружающую среду.

5. Повышение осведомленности воспитанников о мировых экологических проблемах. Внедрение смарт-технологий в детские центры способствует осведомлению детей о важности охраны окружающей среды и мотивирует их принимать более ответственные экологические решения в повседневной жизни.

Архитектура становится своего рода «живым организмом», который способен самостоятельно регулировать свои потребности в энергии и воде. Это достигается за счет использования таких технологий, как солнечные панели, зеленые кровли, тепловые насосы, интеллектуальные системы управления и другие. Энергоэффективная архитектура не только помогает снизить экологическое давление на окружающую среду, но и создает комфортные и здоровые условия для жизни и творчества детей [23]. Это образец устойчивого развития, который выступает в роли учебного пособия или экспериментальной модели энергоэффективного здания, на примере которого дети осваивают новые технологии.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. *Анисимов В.Ю.* Системный подход к проектированию школьных зданий // Архитектон: известия вузов. 2012. № 2 (38). С. 7. URL: http://archvuz.ru/2012_2/7. EDN PBKDOV.
2. *Ford A.* Designing the sustainable school // Published in Australia in 2007 by The Images Publishing Group Pty Ltd. Pp. 6–7. URL: <https://archive.org/details/DesigningTheSustainableSchool/page/n5/mode/2up>
3. *Гельфонд А.Л.* Архитектурная типология общественных зданий и сооружений : уч. пос. Н. Новгород : ННГАСУ, 2003. 201 с.
4. *Попов А.В., Сырова О.И.* Вопросы архитектурно-градоостроительной типологии кампусов вузов // Инновации и инвестиции. 2021. № 1. С. 157–161. EDN HAGXTU.
5. *Быстрова Т.Ю., Токарская Л.В.* Оптимизация и персонализация образовательной среды в условиях инклюзии // Известия Уральского федерального университета. Серия 1: Проблемы образования, науки и культуры. 2020. Т. 26. № 3 (199). С. 162–168. DOI: 10.15826/izv1.2020.26.3.060. EDN QDPJXC.
6. *Исакова С.А.* Архитектурно-планировочная модернизация университетских комплексов (на примере Южного федерального университета) : автореф. дис. ... канд. арх. Н. Новгород, 2012. 24 с.
7. *Истомин С.А.* Системное формирование функционально-планировочной структуры научного комплекса : дис. ... канд. архитектуры. М., 1980. 140 с.
8. *Масловская О.В.* Проектирование открытых образовательных пространств в рамках учебного процесса ВГУЭС // Территория новых возможностей. Вестник Владивостокского государственного университета экономики и сервиса. 2011. № 2. С. 111–117.
9. *Лилуева О.В.* Архитектурное формирование технопарков на базе наукоградов : автореф. дис. ... канд. архитектуры. Н. Новгород, 2011. 27 с.
10. *Родионовская И.С., Попов А.В.* Архитектурная оптимизация среды долговременного жилища при вузах // Жилищное строительство. 2014. № 1–2. С. 52–57. EDN RWNQSN.
11. *Павлова В.А., Голошубин В.С.* Экологические технологии в проектировании современных университетских кампусов // Архитектура и современные информационные технологии. 2017. № 1 (38). URL: https://marhi.ru/AMIT/2017/1kvart17/pavlova_goloshubin/index.php

12. Кологривова Л.Б., Ковтун О.В. Энергосберегающие решения энергоэффективных зданий // Промышленное и гражданское строительство. 2004. № 6. С. 22–24. EDN PLFYJP.
13. Антонов А.В. Здания инновационных центров // Промышленное и гражданское строительство. 2002. № 7. С. 28–29.
14. Бабкина Д.О., Янова Р.Ю., Попов А.В., Сорокоумова Т.В. Международные стандарты «зеленой архитектуры», перспективы применения и адаптации к условиям России // Экология урбанизированных территорий. 2019. № 1. С. 70–74. DOI: 10.24411/1816-1863-2019-11070. EDN ZQFKRN.
15. Бабич В.Н., Кремлев А.Г., Холодова Л.П. Программы логики самоорганизации форм и их мутации // Архитектон: известия вузов. 2011. № 33. EDN NEDRBB.
16. Гертис К., Зедльбауэр К. Повышение энергоэффективности школьных зданий // Academia. Архитектура и строительство. 2010. № 3. С. 544–552. EDN NTLCMR.
17. Смирнова С.Н. Принципы формирования архитектурных решений энергоэффективных жилых зданий : дис. ... канд. архитектуры. Н. Новгород, 2009. 216 с.
18. Якимович. Е.В. Вариативность лингвокультурного концепта «смарт» // Гуманитарный научный вестник. 2018. № 4. С. 23–29. DOI: 10.5281/zenodo.1411492. EDN UYHWVU.
19. Петрунько А.В. Интерактивный бэкграунд образовательных инноваций в Азиатско-Тихоокеанском регионе // Отечественная и зарубежная педагогика. 2018. Т. 2. № 5 (55). С. 78–88. DOI: 10.24411/2224-0772-2018-10037
20. Habraken N.J. Design for Flexibility towards a research agenda : review of the book “Flexible Housing” by Tatanja Schneider and Jeremy Till, Architectural Press, 2007 // Building Research & Information. 2008. No. 36 (3).
21. Greml A., Kapferer R., Leitzinger W. Evaluierung von mechanischen Klassenzimmer-Lueftungen in Osterreich // Schule u. Sportstaetten. 2008. No. 43. H. 2. S. 10–11.
22. Мигулько Е.Н. «Зеленая архитектура» современных зарубежных школ // Науки о земле. «Наука. Инновации. Технологии». 2013. № 4. С. 78–88. URL: <https://scienceit.elpub.ru/jour/article/view/507/507>
23. Смолина С.И., Киселева О.В. Мировой опыт формирования школьных зданий на основе энергосберегающих технологий // Творчество и современность (сетевое издание). 2018. № 2 (6). URL: <https://nsktvs.ru/node/159>

Об авторах: **Татьяна Викторовна Ворончихина** — магистр кафедры архитектуры; SPIN-код: 3394-8897 **Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет (НИУ МГСУ)**; 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26; SPIN-код: 3394-8897 e-mail: tvoronchikhina@list.ru;

Людмила Владимировна Анисимова — профессор кафедры архитектура; **Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет (НИУ МГСУ)**; 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26; SPIN-код: 1748-1368, Scopus: 57224893606; e-mail: anisimovalv@yandex.ru.

REFERENCES

1. Anisimov V.Yu. A systematic approach to the design of school buildings. *Architecton: proceedings of higher education*. 2012; 2(38):7. URL: http://archvuz.ru/2012_2/7. EDN PBKDOV. (rus.).
2. Ford A. Designing The Sustainable School. *Published in Australia in 2007 by The Images Publishing Group Pty Ltd*. 6-7. URL: <https://archive.org/details/DesigningTheSustainableSchool/page/n5/mode/2up>
3. Gelfond A.L. *Architectural typology of public buildings and structures : textbook*. N. Novgorod, NNGASU, 2003; 201.
4. Popov A.V., Syrova O.I. Issues of architectural and urban typology of university campuses. *Innovations and Investments*. 2021; 1:157-161. EDN HAGXTU. (rus.).
5. Bystrova T.Yu., Tokarskaya L.V. Optimization and personalization of the educational environment in the context of inclusion. *Bulletin of the Ural Federal University. Series 1: Problems of education, science and culture*. 2020; 26:3(199):162-168. DOI: 10.15826/izv1.2020.26.3.060. EDN QDPJXC. (rus.).
6. Isakova S.A. *Architectural and planning modernization of university complexes (based on the Southern Federal University model) : abstract of the dissertation of the Candidats of design*. N. Novgorod, 2012; 24. (rus.).
7. Istomin S.A. *Systematic formation of the functional-planning structure of a scientific complex : dissertation of the Candidats of design*. Moscow, 1980; 140. (rus.).
8. Maslovskaya O.V. Design of open educational spaces within the educational process of VSUES. *Territory of new opportunities. Bulletin of the Vladivostok State University of Economics and Service*. 2011; 2:111-117. (rus.).
9. Liluyeva O.V. *Architectural formation of technology parks based on science cities: abstract of the dissertation of the Candidats of design*. N. Novgorod, 2011; 27. (rus.).

10. Rodionovskaya I.S., Popov A.V. Architectural optimization of long-term housing conditions in universities. *Housing construction*. 2014; 1-2:52-57. EDN RWNQSN. (rus.).
11. Pavlova V.A., Goloshubin V.S. Environmental technologies in the design of modern university campuses. *Architecture and Modern Information Technologies*. 2017; 1(38). URL: https://marhi.ru/AMIT/2017/1kvart17/pavlova_goloshubin/index.php (rus.).
12. Kologrivova L.B., Kovtun O.V. Energy-saving solution for energy-efficient buildings. *Industrial and civil engineering*. 2004; 6:22-24. EDN PLFYJP. (rus.).
13. Antonov A.V. Buildings of innovation centers. *Industrial and civil construction*. 2002; 7:28-29. (rus.).
14. Babkina D.O., Yanova R.Yu., Popov A.V., Sorokoumova T.V. International standards of “green architecture”, prospects for application and adaptation to the conditions of Russia. *Ecology of urbanized territories*. 2019; 1:70-74. DOI: 10.24411/1816-1863-2019-11070. EDN ZQFKRN. (rus.).
15. Babich V.N., Kremlev A.G., Kholodova L.P. Programs of logic of self-organization of forms and their mutations. *Architecton: proceedings of higher education*. 2011; 33. EDN NEDRBB. (rus.).
16. Gertis K., Zedlbauer K. Increasing of power efficiency of school buildings. *Academia. Architecture and construction*. 2010; 3:544-552.
17. Smirnova S.N. *Principles of formation of energy-efficient architectural design of residential buildings : dissertation of the Candidats of design*. Nizhniy Novgorod, 2009; 216. (rus.).
18. Yakimovich E.V. Variety of linguistic and cultural concept “smart”. *Humanitarian Scientific Bulletin*. 2018; 4:23-29. DOI: 10.5281/zenodo.1411492. EDN UYHWVU. (rus.).
19. Petrunko A.V. Interactive background of educational innovations in the Asia-Pacific region. *Domestic and foreign pedagogy*. 2018; 2:5(55):78-88. DOI: 10.24411/2224-0772-2018-10037 (rus.).
20. Habraken N.J. Design for Flexibility towards a research agenda : review of the book “Flexible Housing” by Tatanja Schneider and Jeremy Till, Architectural Press, 2007. *Building Research & Information*. 2008; 36(3).
21. Greml A., Kapferer R., Leitzinger W. Evaluierung von mechanischen Klassenzimmer-Lueftungen in Osterreich. *Schule u. Sportstaetten*. 2008; 43(2):10-11. (deu.).
22. Migulko E.N. The green architecture of modern foreign schools. *Earth sciences. “Science. Innovation. Technologies”*. 2013; 4:78-88. URL: <https://scienceit.elpub.ru/jour/article/view/507/507> (rus.).
23. Smolina S.I., Kiseleva O.V. World experience of the formation of school buildings based on the energy-saving technologies. *Creativity and Modernity (online publication)*. 2018; 2(6). URL: <https://nsktvs.ru/node/159> (rus.).

About the authors: **Tatyana V. Voronchikhina** — Master, department of architecture; **Moscow State University of Civil Engineering (National Research University) (MGSU)**; 26 Yaroslavskoye shosse, Moscow, 129337, Russian Federation; e-mail: tvoronchikhina@list.ru;

Liudmila V. Anisimova — Professor, department of architecture; **Moscow State University of Civil Engineering (National Research University) (MGSU)**; 26 Yaroslavskoye shosse, Moscow, 129337, Russian Federation; e-mail: anisimovalv@yandex.ru.