Public Disclosure Authorized

Public Disclosure Authorized

Влияние решений, применяемых при проектировании классных комнат, на результаты обучения: окончательные итоги комплексного многоуровневого анализа

Питер Барретт*, Фэй Девис[1], Юфань Цянь[2], Люсинда Барретт[3]

Аннотация

Была проведена оценка 153 классных комнат в 27 школах, чтобы выявить влияние физических характеристик классов на успеваемость 3766 учеников, обучавшихся в них.

Результаты исследования подтверждают ценность концептуальной модели стимулирования, индивидуализации и натуральности (СИН) для организации и изучения всего спектра сенсорного воздействия на человека, находящегося в определённом пространстве. В данном конкретном случае принцип натуральности при проектировании классных комнат обуславливает результаты обучения на 50 процентов; на остальные принципы приходится примерно по 25 процентов.

В рамках этой модели были выявлены семь ключевых параметров проектирования/дизайна, которые в совокупности объясняют 16 процентов различий в успеваемости учащихся. Это – свет, температура, качество воздуха, персонализация, адаптивность, сложность и цвет. Результаты анализа на уровне всего здания не дали чёткой картины, и это служит аргументом в пользу применения при проектировании подхода «изнутри наружу».

Выявление воздействия этих факторов искусственной среды на процесс обучения – крупное новое открытие в сфере исследований школ; кроме того, этот результат показывает, что можно выделить масштабы воздействия, которое оказывает дизайн зданий на эффективность деятельности человека и его благополучие в целом, и масштабы эти значительны. Авторы полагают, что целесообразно продолжить и расширить работу в этом перспективном направлении, а также осуществить доработку этих концепций и методик.

(c) 2015 Коллектив авторов. Опубликовано Elsevier Ltd. Статья находится в открытом доступе согласно лицензии CC BY.

(http://creativecommons.org/licenses/by/4.0)

---

* Ответственный автор: School of the Built Environment, Room 400, Maxwell Building, University of Salford, Salford, M5 4WT, United Kingdom. Tel.: +44 (0) 7872 17 66 55, +44 (0) 161 2955588 (off.); fax +44 (0) 7872 17 66 55
p.s.barrett@salford/ac/uk (P.Barrett), f.davies1@salford.ac.uk (F.Davies), y.zhang2@salford.ac.uk (Y.Zhang), l.c.barrett@salford.ac.uk (L.Barrett).
[1] Tel +44 (0) 161 2956571 (off).
[2] Tel +44 (0) 161 2957993 (off).
[3] Tel +44 (0) 161 2955588 (off).

http://dx.doi.org/10.1016/j.buildenv.2015.02.013
0360-1323@2015. Коллектив авторов. Опубликовано Elsevier Ltd. Статья находится в открытом доступе согласно лицензии CC BY (http://creativecommons.org/licenses/by/4.0).

1. Введение

1.1.Обзор

В настоящей работе представлены окончательные результаты проекта HEAD (Holistic Evidence And Design), - «Сбор полноценных доказательств и проектирование»), в рамках которого исследовали воздействие проектировочных и дизайнерских решений, которые применяются в начальной школе. Цель проекта заключалась в следующем:

> «Проанализировать, имеются ли доказательства наглядного воздействия проектировочных и дизайнерских решений, применяемых при строительстве зданий школ, на академическую успеваемость учеников начальной школы».

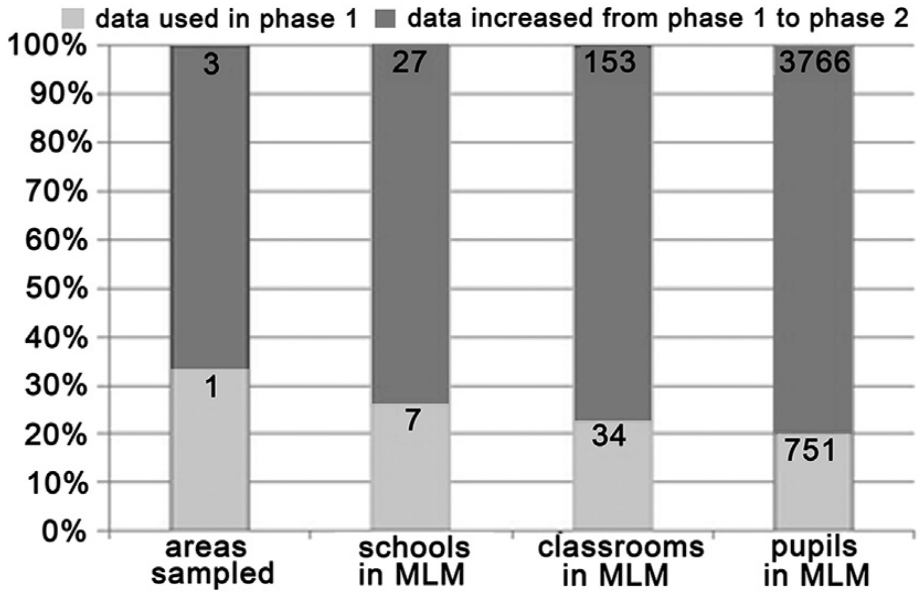
Осуществлялось целевое исследование общего вопроса, а именно - воздействия физических пространств на здоровье и благополучие человека. Начальные школы – удобный объект при изучении этой сложной проблемы: ученики проводят большую часть времени в одном помещении (классе), имеются инструменты для измерения эффективности их работы (в данном случае – академическая успеваемость), максимизация достижений учеников – важная задача с точки зрения общества.

Итоги первого этапа проекта были зафиксированы в 2013 году [1]; в нём принял участие 751 ученик из 7 школ в районе города Блэкпул, Великобритания. На втором этапе данные собирались ещё в двух географических районах страны. Они были обобщены с полученными ранее данными; вследствие этого численность выборки увеличилась почти в пять раз, охватив гораздо больше школ, классов и учеников (см. Рис.1)

1.2.Научная проблема/гипотеза

Исследование качества внутренней среды (КВС) естественным образом сосредоточилось на аспектах, изменение которых не представляло сложностей (тепло, свет, звук, качество воздуха), и, несмотря на то, что было выявлено значительное воздействие с точки зрения индивидуальных ощущений, Kim and de Dear [2] убедительно заявляют, что в настоящее время нет единого мнения касательно относительной важности факторов КВС для достижения общей удовлетворённости.

Рис. 1. За время, прошедшее с 1-го по 2-й этап проекта, численность выборки увеличилась в пять раз



Данные, использованные на первом этапе
Увеличение объёма данных между первым и вторым этапами

Районы, вошедшие в выборку
Школы в МУМ
Классы в МУМ
Ученики в МУМ (МУМ – многоуровневая модель)

Параллельно этому литература и сфера практического изучения формировались вокруг понятия «эффективность здания»; при этом предлагались самые разные типологии [3,4]. Собранная информация должна была использоваться для разработки новых проектировочных решений, однако оценка пользователями и эксплуатантами (post-occupancy evaluation, POE) проводится редко, а полученные выводы обычно не доступны для практического применения [5]. В недавнем стандарте оценки эффективности здания (ОЭЗ) (Building Performance Evaluation, BPE) на протяжении всего срока его эксплуатации чётко оговаривается, что ОЭЗ призвана обеспечить объективность, рассматривая «*фактическую эффективность зданий, [которая оценивается на основании] установленных критериев эффективности…, объективных, допускающих количественное выражение и измеряемых достоверных данных в отличие от качественных…субъективных…непроверенных данных*» (сс.27-28). Вместе с тем, на практике обеспечить это сложно, и практически ни одна из представленных глав не содержит такой *фактической информации*; наиболее распространённым подходом является опрос/интервью пользователей помещений (с.169).

Некоторые конкретные аспекты, связанные с «реальным» воздействием, получили развитие; в качестве примера можно привести классические результаты Ulrich [7], свидетельствующие о благотворном влиянии видов природы на выздоровление пациентов. Однако после такого многообещающего старта дальнейшее продвижение застопорилось; мы по-прежнему очень далеки от того, чтобы комплексным образом анализировать сложную область проектирования и дизайна. Трудности при изучении многочисленных аспектов видны на примере проблем, с которыми столкнулись при попытках распространить впечатляющие

исследования влияния дневного света, которые проводил Heschog Mahone [8,9], на другие сферы. В исходном исследовании Heschog Mahone [8] было обнаружено, что дети в классах с лучшим освещением и окнами большего размера усваивали программу по математике и чтению в среднем на 20 процентов быстрее. В последующем исследовании [9] наряду с дневным светом рассматривались температурный комфорт, качество воздуха, акустические показатели, однако был сделан вывод о том, что проблема сложнее, чем в случае с дневным светом: эти факторы могут оказывать на образовательные результаты как положительное, так и отрицательное воздействие. Это видно и по итогам попытки анализа многочисленных аспектов, влияющих на успеваемость в школах, предпринятой Tanner. Его работа 2009 года [10] – вторая, более удачная попытка чётче структурировать потенциально значимые факторы в проектировании и дизайне, которые первоначально были предложены для обсуждения в анализе 2000 года [11].

Итак, имеется важная научная проблема: необходимо лучше уяснить и оформить фактами *целостное* воздействие пространств на их пользователей. Представленная здесь работа - смелый анализ в новой области. Вместо того, чтобы продолжать рассмотрение измеряемых показателей (температура, свет, звук, качество воздуха), в качестве отправной точки мы использовали простой принцип: воздействие среды здания на пользователей ощущается через сигналы, которые поступают по различным сенсорным каналам в конкретных точках помещения, и на которые реагирует мозг пользователя. Эти мыслительные механизмы могут стать основой для понимания обобщённого воздействия сенсорных сигналов на пользователей зданий на уровне реагирования [12], где могут проявляться «независимые свойства». До недавнего времени единственным исследованием, где использовался такой подход, было исследование помещений для пациентов с болезнью Альцгеймера [13]. Предполагается, что выбор и организация факторов пространства, подлежащих анализу, может определяться таким широким структурированием деятельности мозга, а не только присущей им измеряемостью. Опираясь на подробное описание этих подразумеваемых систем мозга Roll [14], была разработана и предложена новая модель [15], которая отражает «внутренне присущую» реакцию человека на присутствие здоровых, естественных элементов среды, наше желание иметь возможность взаимодействовать со средой, чтобы удовлетворять индивидуальные предпочтения, а также разные уровни имитационного моделирования, соответствующие разным видам деятельности пользователей. Таким образом, для выявления и структурирования факторов, подлежащих анализу, использовались три направления или принципа проектирования/дизайна:

- *Натуральность*: свет, звук, температура, качество воздуха, связь с природой;
- *Индивидуализация*: персонализация, адаптивность и связность;
- *Стимулирование* (уместного уровня): сложность и цвет.

В рамках этой структуры можно сгруппировать полный спектр актуальных факторов (напр., свет, планировка и т.д.), которые могли бы являться элементами «хорошего» проектировочного/дизайнерского решения для конкретного сценария (школы); таким образом, обеспечивается ясный и сбалансированный набор факторов, подлежащих анализу. Их гораздо больше, чем традиционная «большая четвёрка». Разумеется, польза такого подхода зависит от того, насколько он позволяет получить более чёткую картину благодаря практическим исследованиям.

Основополагающая гипотеза заключается в следующем: академическая успеваемость учеников будет зависеть от всего спектра факторов, относящихся ко всем трём принципам проектирования/дизайна.

1.3.Имеющиеся исследования аспектов обучающей среды

Исходя из представленной трёхчастной структуры, ниже показаны актуальные результаты исследований, в которых рассматривалось воздействие различных элементов школьной среды. Здесь обобщены результаты эмпирических исследований отдельных факторов, влияющих на успеваемость и благополучие учеников; они будут сопоставляться с выводами настоящего исследования (Раздел 5).

1.3.3. Натуральность

Принцип натуральности связан с параметрами среды, которые необходимы для физического комфорта. Это – свет, звук, температура, качество воздуха и «связь с природой». В частности, существуют специальные требования к организации обучающей среды для детей. Каждый из этих параметров исследовался по отдельности. Известно, что естественный свет регулирует циклы сна и бодрствования [16]; до сих пор ведутся активные исследования, чтобы определить уровень освещённости днём, который мог бы считаться оптимальным [8-10]. Применительно к акустике классных помещений важные показатели определены Crandell and Smaldino [17], а в работе Picard and Bradley [18] отмечается, что уровни шума в классе обычно гораздо выше оптимальных для понимания речи. Было доказано, что для детей в возрасте 10-12 лет скорость выполнения контрольных заданий, предполагающих вычисления и пользование речью, повышалась при некотором снижении температуры в помещении и более интенсивной его вентиляции [19]. В своём исследовании Daisey et al [20] приходят к выводу о том, что интенсивность вентиляции во многих школах недостаточна и присутствует риск для здоровья. В исследованиях также приводятся факты, свидетельствующие о значительной пользе нахождения на природе для детей вследствие большей пластичности и уязвимости их психики [21,22].

1.3.4. Индивидуализация

Принцип индивидуализации отражает то, насколько удачно классная комната удовлетворяет потребности конкретной группы детей. Он включает в себя такие параметры, как персонализация, адаптивность и связность. Первый элемент показывает, насколько индивидуализировано классное помещение и в какой мере его можно выделить из числа ему подобных. Адаптивность – показатель того, насколько класс отвечает потребностям конкретной возрастной группы и меняющихся методических подходов. Связность даёт представление о том, насколько легко учащиеся могут попасть к другим учащимся и в другие помещения школы. Здесь основное внимание уделяется тому, как сформировать пространство, оптимизированное с учётом индивидуальных характеристик, которое положительно влияло бы на процесс обучения и поведение учащихся. Так, считается, что уютные, индивидуализированные рабочие места лучше подходят для усвоения, запоминания и извлечения информации [23]. Когда дети считают класс «своим», то имеются условия для воспитания чувства ответственности [24]. Обнаружено, что классы и холлы, в которых демонстрируются результаты интеллектуальной работы учащихся (проекты, стенды, выставки, поделки), стимулируют более активное вовлечение в процесс обучения [25]. В издании Building Bulletin 99 (2006) [26] отмечается, что одним из ключевых требований при

проектировании должна быть адаптивность. Она необходима для того, чтобы в классе можно было заниматься разными видами деятельности, и/или чтобы он отвечал потребностям разных пользователей. Включение аспекта связности в принцип индивидуализации отражено в работе Tanner [10] и Zeisel et al. [13]; авторы подчёркивают, что чёткая разметка проходов к местам для разных видов деятельности способствует оптимальному использованию пространства и повышению эффективности.

1.3.5. Стимулирование

Принцип стимулирования касается того, насколько интересно и ярко оформлена классная комната. Он имеет два параметра: сложность и цвет. Цвет пояснений не требует, но нужно помнить, что этот параметр имеет отношение ко всем элементам классного помещения. Сложность показывает, насколько различные элементы классной комнаты соотносятся друг с другом и образуют связную и упорядоченную, а не случайную и хаотичную среду. Акцентированное внимание крайне важно для обучения. Поэтому поддержание такого внимания в классной среде может стать особенно непростой задачей при работе с детьми младшего возраста: визуальные элементы классного помещения способны стать серьёзной нагрузкой для их ещё не вполне сформировавшейся способности сосредоточиваться на выполнении задания и не реагировать на отвлекающие факторы [27]. Цветовые исследования показывают, что цветовая гамма помещения влияет на эмоциональное и психологическое состояние, провоцируя резкую смену настроения, что может сказываться на успеваемости [28].

Судя по приведённой литературе, можно предположить, что искусственная среда классных помещений будет оказывать сильнейшее влияние на академическую успеваемость, здоровье и благополучие учащихся. Вместе с тем, пока было неясно, как выглядит комплексное воздействие всех этих факторов. Иными словами, поведение рассмотренных выше факторов с учётом всех остальных усложняет картину; из-за этого труднее выделить воздействие физического пространства (несмотря на наличие разбросанных по литературе фактов). Так, фонд Education Endowment Foundation в своих авторитетных обзорах, где анализировались факторы, влияющие на результаты обучения, в 2014 пришёл к следующему выводу: «маловероятно, чтобы изменения в физической среде школ оказывали непосредственное воздействие на результаты обучения, за исключением самых крайних случаев».

1.4.Структура статьи

В следующем Разделе (2) формулируется чёткий концептуальный подход, которому следуют в рамках проекта HEAD. В Разделе 3 представлены методы и характеризуется использованная выборка; также поясняется метод многоуровневого анализа, применявшийся в исследовании. В Разделе 4 приводятся результаты; далее, в Разделе 5, они рассматриваются в контексте имеющейся литературы. Заключительные выводы приведены в Разделе 6.

2. Теоретический подход

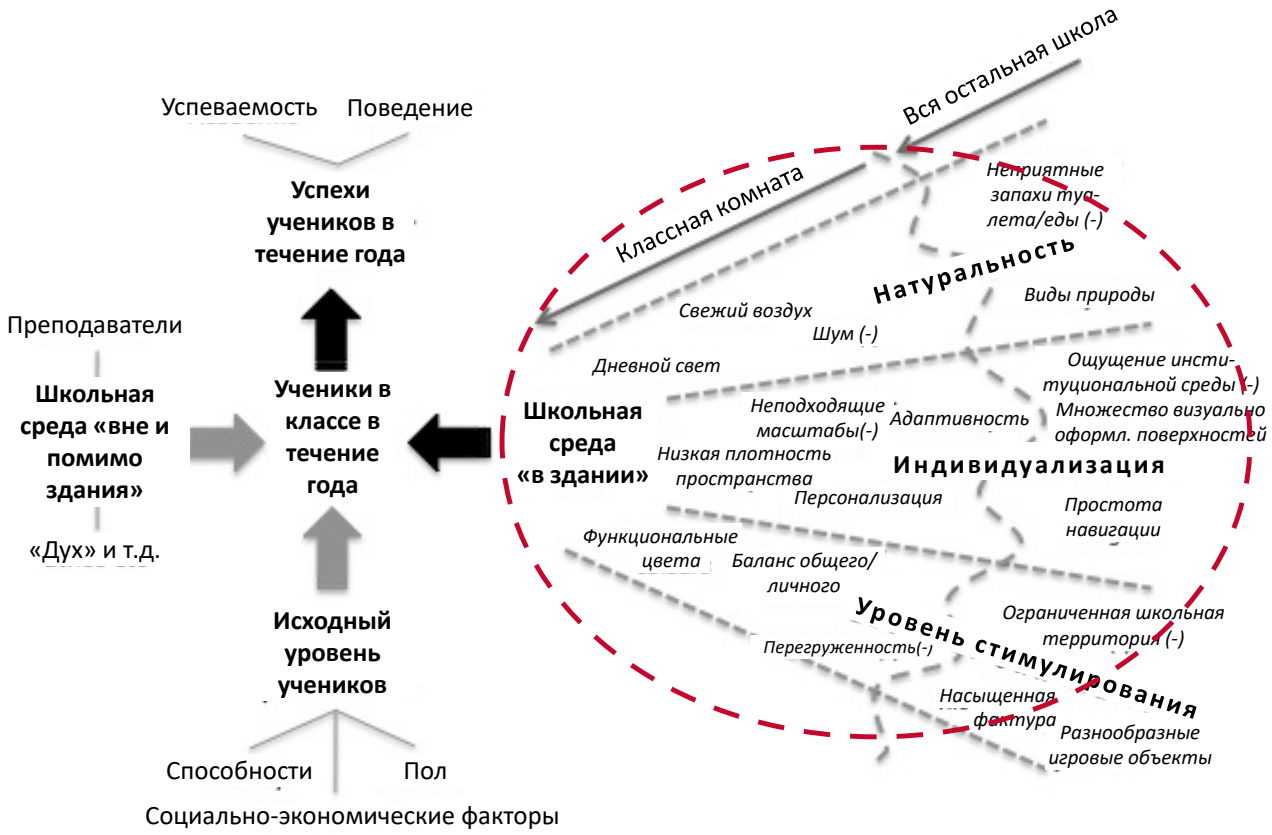
2.1.Обзор предполагаемой к использованию методологии

С учётом представленного выше, на Рис.2 показан отдельный учащийся; он помещается в центре анализа. По вертикали показана динамика его академических и индивидуальных характеристик начиная с прихода в класс вплоть до того, как он проводит в классе один год. Далее представлены результаты с точки зрения улучшения успеваемости, но также и в

отношении других аспектов, - например, поведения. На индивидуальную динамику влияют факторы, связанные с искусственной средой в школе и не связанные с ней (например, влияние педагогов). Факторы, связанные с искусственной средой, отражают массу аспектов, которые представлены в типологии натуральности, индивидуализации и стимулирования.

Для практической работы с этими физическими факторами было необходимо вывести непротиворечивый ряд факторов, подлежащих измерению, которые, согласно гипотезе, могли сказываться на результатах обучения. Эта работа описана в следующем подразделе. Избранный исследовательский подход требовал, чтобы в выборке были представлены все элементы вышеуказанной модели, так чтобы было можно отразить воздействие вариативности факторов. Этот аспект исследования представлен в Разделе 3; там же показано применение многоуровневой модели (МУМ) для отделения индивидуальных эффектов учащихся от воздействия, связанного с искусственной средой (ИС) школы.

Рис. 2 Структура исследования в проекте HEAD (с примерами факторов искусственной среды)



2.2 . Модель «среда-поведение» (С-П)

Следуя подходу, который использовал Zeisel [13], на базе имеющейся литературы была построена модель факторов «среда-поведение»; также были использованы результаты предварительных опросов учащихся [30], педагогов [31] и итоги оценки школ пользователями [32]. Сначала модель С-П была структурирована по трём основным «принципам проектирования/дизайна», - натуральность, индивидуализация и стимулирование. Каждый из принципов был разбит на «параметры проектирования/дизайна», которых в совокупности

насчитывалось десять; в свою очередь, они были раскрыты восемнадцатью более детальными «показателями». Показатели строились на 30 подробных, измеряемых «факторах». Эти различные уровни вплоть до факторов проектирования/дизайна, которые, как считается, влияют на успеваемость, представлены в Таблице 1; там же приведены критерии, на основании которых в каждом случае присваивается высокий рейтинг.

Первоначальный вариант модели был разработан на первом этапе проекта [1]. Дальнейшие доработки и усовершенствования, которые содержит окончательный вариант модели С-П, представлены в Таблицах А1 и А2 (см. Приложение).

3. Сбор данных и статистическая методология

В этом разделе описаны: порядок формирования выборки, диктуемый желанием обеспечить разнообразие исследуемых переменных, способ конструирования мер, а также подход, используемый при анализе.

3.1.Географический/страновой контекст

Все изучаемые школы были расположены на территории Англии, Великобритания. Для Англии характерен умеренный морской климат, обусловленный её близостью к побережью тёплого Атлантического океана; направление ветра преимущественно западное. Климатические условия мягкие, с тёплым летом, прохладной зимой и обильными осадками в течение всего года; сезонные колебания температурного режима с периодами экстремально жаркой и холодной погоды не характерны. В проекте исследовали успеваемость в течение конкретного года, - 2011-2012 (Блэкпул) и 2012-2013 (Хэмпшир и Илинг в Лондоне). Согласно официальным данным Метеорологической службы Великобритании, среднегодовая температура в эти два года составляла 10,1 градусов Цельсия выше нуля, и колебалась от 4,5 в январе до 16 градусов Цельсия выше нуля в августе. Среднемесячный уровень осадков составил 76,6 миллиметров. Самым влажным месяцем в оба года был декабрь, - 103,0 и 148,9 миллиметров в 2011 и 2012 годах, соответственно. Самыми сухими месяцами были апрель (2011) и март (2012) (11,6 и 26,5 миллиметров, соответственно). Общее количество часов солнечного света в оба года очень схоже: 1553,3 часа в 2011 году, что на 98,2 часа больше, чем в 2012 году. Из-за различий внутри самих районов дать абсолютно точную картину сложно, но для всех трёх районов характерно широкое разнообразие социально-экономических условий.

Сфера образования в Англии находится в ведении Департамента образования. Применительно к системе начального образования за реализацию политики в сфере общественного образования и работу государственных школ на местном уровне отвечают главным образом местные управления (МУ). Дети начинают обучение в начальной школе в год или в семестр, в котором им исполняется пять лет. Все школы в ведении МУ обязаны использовать централизованную Национальную учебную программу (National Curriculum, NC), где основное внимание уделяется чтению, письму и арифметике.

В первые годы обучения в начальной школе («приготовительный» год, 1 и 2 год), которые в Великобритании составляют так называемый «Ключевой этап 1» (Key Stage 1, KS1), дети знакомятся с процессом обучения, причём акцент делается на игровой форме. В течение последних четырёх лет начальной школы (годы 3-6, или «Ключевой этап 2» (Key Stage 2, KS2)) процесс приобретает всё более формализованный характер. Во многих школах переход от

одного этапа к другому осуществляется постепенно, через возрастные группы. На протяжении всего периода обучения в стандартных школах применяют «смешанные методы обучения»: с разной интенсивностью используются различные учебные зоны, где применяются сочетания методов дидактического, индивидуального и группового обучения.

3.2.Школы

В школах Великобритании учащиеся начального периода обучения проводят большую часть времени в одном классном помещении, благодаря чему эта возрастная группа идеально подходит для исследования. В развитие первоначального пилотного этапа [1], в рамках исследования в целом данные собирались с 30 школ в трёх районах местных управлений в Великобритании. Пилотным исследованием были охвачены 10 школ, находившихся в ведении местного школьного управления Блэкпула. Блэкпул – город на северо-восточном побережье Англии; для него характерна относительно высокая доля детей (примерно 30 процентов) из экономически неблагополучных семей. Для того, чтобы увеличить численность выборки и сделать её более разнородной, были отобраны ещё 10 школ, относящихся к местному управлению графства Хэмпшир. Хемпшир - преимущественно сельский район на юге Англии; на его территории расположен портовый город Портсмут. Доля получателей бесплатного школьного питания (показатель экономического неблагополучия, регулярно используемый в Великобритании) в среднем невысока (11 процентов). Третьим, совершенно иным районом, отобранным для участия в проекте, стал район Илинг, относящийся к Внешнему (Западному) Лондону. В этом городском районе с плотной жилой застройкой и значительной долей детей, для которых английский не является родным языком (дети, которые дома говорят на другом языке и могут начинать обучение в системе формального образования, практически не владея английским языком), отобрали ещё 10 школ.

При отборе школ для исследования старались обеспечить максимальное разнообразие с точки зрения архитектурно-планировочных решений, времени постройки и размера зданий. Две школы в Блэкпуле оказались «специальными» школами, и не вошли в окончательный анализ (Школы 2 и 10); одна «сошла с дистанции» примерно на середине проекта из-за внутренних причин (Школа 1). В число оставшихся 27 школ входили как малокомплектные сельские школы с разновозрастными классами, имевшие 103 ученика, так и школы, осуществляющие многолетнее обучение и имеющие 819 учащихся. Возраст школьных зданий колебался от построенных в Викторианскую эпоху (1880-е годы) до появившихся в 2000-е годы. Среди прочих параметров измерялась площадь земельного участка под школой; самый маленький имел площадь в 858 кв. м., самый большой – 40 000 кв. м. (см. Таблицу 2). Безусловно, выборка обеспечивала высокое разнообразие физических характеристик.

3.3.Классные помещения

С самого начала целью было охватить исследованием максимально широкий спектр классных помещений. Однако оказалось, что во многих приготовительных классах было невозможно получить показатели успеваемости учащихся, которые были бы сопоставимы с таковыми для учащихся более старшего возраста. Соответственно, из 203 изученных классов в итоговом анализе были задействованы только 153 класса 1-6 года обучения.

Сбор данных о помещениях осуществлялся посредством двух следующих друг за другом обследований в каждой школе; оба обследования проводились в один и тот же день. Сначала проводилось очень подробное обследование каждой отобранной классной комнаты, а затем –

обследование всей школы со снятием размеров мест совместного пользования, таких как библиотеки, холлы, спортивные залы, площадки на улице.

- Снимались точные размеры следующего характера: размеры класса, размеры окон, расположение дверей и интерактивных электронных досок, расположение парт/столов и организация учебной зоны. Также в каждой классной комнате оценивались другие факторы и формировалась база данных с измерениями, покрывающими все гипотетические «показатели». Сюда включались такие аспекты, как возможность управлять средой в классе (наличие термостата на батарее отопления или кондиционера воздуха), характер использования пространства детьми, наличие у них собственных вешалок для верхней одежды и качество парт/столов и стульев, цвет оформления и сложность наглядных пособий/стендов в классных помещениях. В обобщённом виде эти показатели представлены в виде факторов в Таблице 1; разработка метрик для каждого из них рассматривается ниже.

Таблица 1

Модель факторов «среда-поведение»

Принципы проектирования/ дизайна	Параметры проектирования/ дизайна	Показатели		Факторы	Критерии, способствующие высокому рейтингу
Натуральность	Свет	A	Качество и количество естественного света, который может поступить в класс	1.Ориентация остекления	Большие окна с ориентацией, исключающей попадание прямого солнечного света (ослепление)
		B	В какой мере можно контролировать уровень освещённости	2. Площадь остекления/ площадь помещения 3. Качество электрического освещения	Больше и лучшего качества
	Звук	C	Как часто возникают шумовые помехи	4. Управление жалюзи 5. Шум из-за пределов школьного здания 6. Шум внутри школьного здания	Жалюзи с высокими функциональными свойствами/высокого качества. Значительная удалённость от источников дорожного шума или наличие буферной зоны. Значительная удалённость от игровой площадки или зон интенсивного движения.
		D	Насколько хорошо учащиеся слышат педагога	7. Длина/ширина	Более высокое соотношение Д/Ш
	Температура	E	Качество и количество солнечного тепла, поступающего в класс	8. Площадь коврового покрытия помещения 9. Ориентация класса и управление жалюзи	Б***о***льшая площадь лучше. В классе не жарко – благодаря ориентации или жалюзи.
		F	В какой мере можно управлять работой системы центрального отопления	10. Управление системой центрального отопления	Наличие термостатов и батарей центрального отопления в классе позволяет лучше управлять системой отопления
	Качество воздуха	G	Интенсивность дыхательной деятельности, влияющая на уровень CO2 в заполненном классе	11. Объём помещения	Большой объём лучше.
		H	В какой мере можно проветривать помещение в ручном режиме	12. Размер и расположение открытых окон 13. Системы принудительной вентиляции	Больше вариантов и больше площадь раскрытия окон. Наличие систем принудительной вентиляции
	Связь с природой	I	Степень доступа учащихся к элементам живой природы	14. Доступ к природе	Дверь ведёт непосредственно на улицу. В классе имеются растения и деревянные столы/парты и стулья.
		J	В какой мере можно наблюдать природу через окно	15. Вид из окна	Подоконники ниже уровня глаз детей, интересный/зелёный вид вблизи и вдалеке.
Индивидуализация	Персонализация	K	В какой мере конкретные характеристики класса позволяют формировать чувство личного пространства	16. Конкретные характеристики планировки/дизайна	Придают классу оригинальность или новизну. Персонализированные шкафчики или вешалки для верхней одежды
		L	Удобство мебели, приспособлений и оборудования в процессе обучения и преподавания	17. Характер стендов 18. Качество мебели, приспособлений и оборудования 19. Качество стульев и столов/парт	Стенды выполнены детьми. Эргономичная и высококачественная мебель, соответствующая возрасту учащихся. Эргономичные и высококачественные стулья и столы/парты,

					соответствующие возрасту учащихся.
	Адаптивность	M	В какой мере учащиеся располагают достаточным пространством	20. Площадь и форма классного помещения: уместные для учащихся уровня Key Stage 21. Помещения для перемен и места для хранения, смежные с классной комнатой	Классы большего размера с более простыми формами для учащихся более старшего возраста, более разнообразные планировочные решения для детей младшего возраста. Смежное и специально выделенное помещение для перемен и расширенный коридор для хранения.
		N	В какой мере класс и поверхность стен позволяют применять разнообразные образовательные методы и виды деятельности	22. Зоны обучения: количество зон, уместных для учащихся уровня Key Stage	Большее число чётко обозначенных зон для обучения в игровой форме, меньше зон/более строгое оформление зон для учащихся более старшего возраста.
	Связность	O	Наличие широкого прохода и удобство ориентации с чётко идентифицируемым направлением	23. Площадь стен, на которых можно размещать визуальные элементы 24. Ширина коридора 25. Удобство ориентации в коридоре	Большая площадь лучше. Большая ширина лучше. Стенды, указатели и дневной свет с видами на улицу вдоль коридора
Стимулирование (уместного уровня)	Сложность	P	В какой степени класс обеспечивает уместное визуальное разнообразие	26. Визуальное разнообразие архитектурно-планировочных решений помещения и потолка	Криволинейный эффект: общая визуальная сложность планировки класса и стендов должна быть уравновешена, - не слишком броско, не слишком скучно.
		Q	В какой степени стенды обеспечивают уместное визуальное разнообразие	27. Визуальное разнообразие стендов	
	Цвет	R	В какой степени цветовое решение подходит для обучения и преподавания	28. Площадь и цвет стен 29. Цвет жалюзи, коврового покрытия, стульев и столов/парт 30. Цвет стендов	Светлые/белые стены с яркими элементами или акцентная стена. Яркие цвета подходят лучше. Яркие цвета подходят лучше.

- Помимо этого, в каждой классной комнате во время её посещения производилось по пять видов одномоментных замеров: фиксировались уровни освещённости, CO2, температура, уровень шума и относительная влажность воздуха. На основании полученных данных исследователи могли более точно определять проблемные области. Вместе с тем, в выведенных итоговых значениях эти показатели напрямую не использовались.
- Наконец, были проведены опросы с использованием анкет; каждого учителя попросили сообщить о своих ощущениях от *собственного* классного помещения. Педагогам предлагали сообщить свои мнения об учебных помещениях, принимая во внимание работу в течение всего года (в отличие от одномоментных замеров). Выяснялись, например, такие моменты: мешал ли педагогам чрезмерно яркий, ослепляющий свет, и если да, то когда? Ответы на вопросы, предложенные в анкетах, также не использовались при выведении итоговых результатов; вместе с тем, благодаря им исследователи смогли выявить потенциально важные факторы.

Табл. 2
Базовые метрики школ в выборке

Школа	Площадка	Место расположения	Год постройки	Площадь участка (кв.м.)	Площадь первого этажа (кв.м.)	Общая площадь помещений (кв.м.)	Всего учащихся	Всего классных комнат	Возраст, лет
1	Открытая	Промеж.	2002	15621	2905	3059	451	14	3-11
2	Компакт.	Город	1970е	7244	1880	1880	79	10	2-19
3	Открытая	Промеж.	1970е	30316	3346	3466	430	14	3-11
4	Компакт.	Промеж.	2000	7229	3467	4407	442	14	3-11
5	Компакт.	Промеж.	1920	7938	3039	4300	619	21	4-11
6	Компакт.	Город	1902	7212	3412	5666	464	14	3-11
7	Компакт.	Город	2006	9950	2237	5389	480	14	3-11
8	Компакт.	Город	1900	1754	935	1130	211	7	4-11
9	Открытая	Промеж.	1990	17751	1667	1667	143	6	3-11
10	Компакт.	Промеж.	1950е	858	183	366	12	2	4-15
11	Открытая	Город	1960е	25574	1383	1383	163	7	4-11
12	Открытая	Город	2000е	40018	1965	1965	202	7	4-11
13	Открытая	Город	1990е	32110	3033	3033	622	21	4-11
14	Открытая	Село	1963	7548	980	980	203	7	4-11
15	Открытая	Город	1970е	21614	2106	2506	352	14	4-11
16	Открытая	Город	1970е	27126	1329	1329	175	7	4-11
17	Открытая	Село	1950е	11508	1265	1265	185	7	5-11
18	Открытая	Промеж.	1950е	27687	2650	2721	407	14	5-11
19	Открытая	Город	1990е	27810	2284	2284	427	14	4-11
20	Открытая	Село	1880е	7732	853	936	103	4	5-11
21	Компакт.	Город	1968	10312	1718	2870	468	14	4-11
22	Компакт.	Город	1911	9838	2778	3900	600	19	4-11
23	Компакт.	Город	1921	5539	1156	1971	239	8	4-11
24	Открыта	Промеж.	1967	12311	1946	1992	235	8	4-11
25	Открытая	Промеж.	1952	20489	2877	2873	493	16	4-11
26	Компакт.	Город	1999	21220	3170	4252	819	24	4-11
27	Компакт.	Город	1906	6006	1471	3816	510	18	5-11
28	Компакт.	Город	2004	14787	2229	3759	517	17	5-11
29	Компакт.	Город	1920	6014	1300	2318	272	9	4-11
30	Компакт.	Город	1980	10624	2297	2808	402	14	4-11

Каждому из факторов присваивался рейтинг по 5-балльной оценочной шкале, опираясь на указанные выше данные или характеристики соответствующего фактора в течение учебного года. По возможности использовались простые физические показатели, такие как размер и ориентация окон по отношению к дневному свету. Однако для того, чтобы обеспечить комплексный охват всех факторов, присутствующих в гипотезе, в отношении некоторых их них пришлось использовать «экспертные суждения». В качестве примера области, где пришлось задействовать такие суждения, может служить визуальная сложность наглядных пособий/стендов. Для решения проблемы, связанной с необъективностью экспериментатора/внутренней валидностью применялся следующий приём: отдельные исследователи делали оценки, а затем сравнивали полученные результаты и формулировали непротиворечивый подход; в данном случае он строился на оценке как охвата, так и согласованности. В Таблице 1 представлены критерии, которые обеспечивали самый высокий рейтинг в каждой из категорий факторов. Полученные баллы факторов усреднялись, и выводились десять параметров проектирования/дизайна в рамках проекта HEAD: свет, звук, температура, качество воздуха, связь с природой, персонализация, адаптивность, связность, сложность, цвет. Описательная статистика для параметров проектирования/дизайна в проекте HEAD приведена в Таблице 3. Здесь также видно, что выборка обеспечивает хороший уровень вариативности по всем факторам.

Таблица 3

Базовые численные показатели выборки классных помещений

	Численность выборки	Минимальное значение	Максимальное значение	Среднее значение	СКО
Натуральность					
Свет	153	1,72	3,82	2,572	0,422
Звук	153	1,44	4,25	3,011	0,634
Температура	153	1,00	5,00	1,876	1,126
Качество воздуха	153	1,38	4,75	2,729	0,654
Связи с природой	153	1,17	3,33	2,168	0,505
Индивидуализация					
Персонализация	153	1,99	4,70	3,464	0,598
Адаптивность	153	1,85	4,00	2,974	0,485
Связность	153	1,00	5,00	3,131	1,306
Стимулирование					
Сложность	153	1,00	5,00	3,540	1,007
Цвет	153	1,00	4,60	2,988	0,574

3.4.Учащиеся

В рамках проекта HEAD были обследованы 203 классные комнаты из 30 школ и собрана статистика успеваемости по 4924 учащимся. Данные, которые используются при выведении окончательных результатов, получены из 153 классов в 27 школах, и охватывают 3766 учащихся. В отношении каждого учащегося было важно определить класс, в котором он учился, так чтобы можно было выделить и проанализировать «воздействие учащегося» отдельно от «воздействия класса». В выборку вошли дети 1-6 года обучения. Для исследования было необходимо получить данные о том, какую оценку ребёнок имел в начале учебного года, и какую – при его завершении. Были собраны данные об успеваемости по трём предметам: чтение, письмо и математика.

Для оценки успеваемости детей, которые обучаются на уровне KS1, используются разные системы. Уровни Национальной учебной программы (National Curriculum, NC) начинаются с уровня 1c, что соответствует 7 баллам по шкале NC (Таблица 4); в исследовании принимали участие дети, которые обучались на этих или более высоких уровнях NC. В ряде школ на уровне KS1 применялась шкала P, и эти данные также использовались в исследовании. При этом часть учащихся оценивали по 9-балльной шкале, которая была ранее введена, но быстро заменена на более простой 3-балльный вариант. Применительно к учащимся уровня KS1 в исследовании было обнаружено, что более поздняя 3-балльная шкала недостаточно детальна и не позволяет отразить их успеваемость в системе эквивалентных баллов NC, и потому эти учащиеся в исследовании не участвовали. Кроме того, школы часто описывали прогресс в успеваемости следующим образом: «работает над достижением [того или иного уровня]»; подобную оценку также нельзя было использовать для целей исследования.

Таблица 4

Преобразование уровней Национальной учебной программы (NC) в баллы NC

	Уровень	Балл NC
Уровни P	P1i	0,5
	P1ii	0,7
	P2i	0,9
	P2ii	1.1
	P3i	1,3
	P3ii	1,5
	P4	2
	P5	3
	P6	4
	P7	5
	P8	6
Уровни NC	1c	7
	1b	9
	1a	11
	2c	13
	2b	15
	2a	17
	3c	19
	3b	21
	3a	23
	4a	25
	…	…

Успеваемость учеников уровня KS2 в Великобритании обычно оценивается согласно системе уровней NC (Таблица 4). Каждый такой уровень имеет три подуровня (обозначенные как a, b и c); в среднем ожидается, что дети должны продвигаться в усвоении материала на два подуровня в год по каждому из предметов. Проводятся национальные тесты: по завершении второго (тест KS1) и шестого (тест KS2) года обучения. В среднем ожидается, что к завершению KS2 учащийся будет находиться на уровне 4b. Для детей. которые обучаются на уровне KS2, и у которых имеются особые образовательные потребности, используется шкала P, подводящая к уровням NC (таблица 4). В отношении детей, для которых английский язык не является родным, учителя используют особую 5-балльную шкалу (не показана).

Для анализа статистических данных об успеваемости уровни NC были преобразованы в систему баллов NC (Таблица 4). Учащиеся, для который английский язык не является родным, и которые находятся ниже 4-го балла в шкале для соответствующего контингента, не имели эквивалентных баллов NC, и поэтому дети, не имевшие навыков устной и письменной речи на английском языке, участия в исследовании не принимали. Дети, имевшие 4 и 5 баллов в шкале для тех, у кого английский язык не родной, принимались как работающие на нижней и верхней границе первого уровня NC, и потому переводились на уровни 1c и 1a, соответственно.

Итоговая численность учащихся, по которым были собраны данные, составила: 447 учеников первого года обучения, 1606 – второго, 2744 – третьего, 3656 – четвёртого, 708 – пятого и 605 – шестого года обучения. Для того, чтобы оценить прогресс учащегося с точки зрения баллов NC, по каждому ребёнку использовались баллы NC на начало и на конец учебного года. Баллы, отражающие прогресс в усвоении каждого из трёх предметов (чтение, письмо и математика) суммировались, и выводился балл общей успеваемости; в регрессионном анализе он использовался в качестве зависимой переменной. Её значение было центрировано по общему среднему для всех 3766 учащимся. Сводная статистика по использованным показателям успеваемости представлена в Таблице 5. Из неё видно, что средний прогресс учащихся обследуемой совокупности составляет 11,9 баллов NC, а 12 баллов NC соответствовали бы двум подуровням для каждого из трёх предметов, - то есть «ожидаемому прогрессу», который упоминался выше.

Таблица 5

Описательная статистика к баллам NC

	Минимальное значение	Максимальное значение	Среднее значение	СКО
Совокупный стартовый балл NC	4	101	50,57	20,07
Совокупный итоговый балл NC	9	111	62,47	19,30
Общий прогресс по баллам NC	-10[a]	40	11,90	4,78

[a] Дело в том, что в течение года некоторые учащиеся демонстрировали регресс

Для подкрепления анализа факторов, связанных с отдельными учащимися, школы также попросили предоставить дополнительные данные: дату рождения, пол, дату первого занятия в году, дату последнего занятия в году, сведения о посещаемости, а также о том, участвует ли ребёнок в какой-либо программе бесплатного школьного питания (БШП) (участие в ней - показатель социального неблагополучия), является ли английский язык неродным для него, и имеет ли он особые образовательные потребности (ООП). Данные о первом и последнем занятиях в году и о посещаемости собирали для того, чтобы из исследования можно было исключить детей, которые плохо посещали занятия или отсутствовали на протяжении всего года обучения. Всего в категорию учащихся с ООП попали 669 детей (18%), для 874 (23%) английский язык был неродным, и 775 детей были получателями БШП. (21%).

В качестве отправной точки исследования было необходимо ввести контроль некоторых характеристик учащихся. Поскольку за время своего обучения в школе дети в разные годы усваивают материал с неодинаковой скоростью, ключевым показателем прогресса становится стартовая успеваемость (оценка в начале обучения) конкретного ребёнка в сравнении со средней стартовой успеваемостью в соответствующей возрастной группе. Таким образом, стартовая успеваемость являлась групповым средним значением, центрированным по возрасту (подставная переменная для группы одногодков), и была обозначена в исследовании как «Взвешенный по возрасту стартовый уровень успеваемости». В Великобритании учащиеся

одного класса - практически всегда одногодки. Значение стартовой успеваемости также центрировалось по общему среднему для всего массива данных; в итоге появлялась вторая независимая переменная, показывающая, как далеко продвинулся учащийся по учебной программе уровней KS1 и KS2. Она получила название «Взвешенный стартовый уровень успеваемости». Прочие независимые переменные достаточно просты: пол, участие в программах БШП, наличие ООП и английский как не родной язык. Для исследования были созданы ещё две переменные: «Фактический возраст» (центрированный по общему среднему возраст в месяцах) и «Возраст в месяцах», - количество месяцев, прошедшее со дня рождения ребёнка на момент начала учебного года. Эта переменная показывает относительный возраст ребёнка в месяцах по сравнению с одногодками, - то есть, насколько он оказывается «маленьким» или «взрослым» в свой год.

Заключительным шагом в создании переменных учащихся («Общая успеваемость», «Взвешенный по возрасту стартовый уровень успеваемости», «Взвешенный стартовый уровень успеваемости», «Фактический возраст» и «Возраст в месяцах») стала их нормализация. Этот процесс предполагает вычисление дисперсии значений каждой величины по сравнению со средним значением для массива данных с последующим делением полученного значения на среднеквадратическое отклонение для массива данных.

Здесь также видно, что совокупность учащихся достаточно разнородна с точки зрения используемых показателей и таких характеристик, как участие в программах БШП, наличие ООП и английский как не родной язык.

3.5.Стратегия моделирования

Анализ проводился в два этапа. Сначала с помощью бивариантного анализа изучалось, каким образом каждый из рассматриваемых факторов влиял на результаты обучения. Затем, выявив элементы, которые, как представлялось, могли оказывать то или иное влияние, и сведя к минимуму непреднамеренную корреляцию, выполнялся многоуровневый анализ их обобщённого воздействия. Второй этап встречается реже, и потому он будет представлен более подробно.

В данном исследовании мы стремились моделировать показатель «Общая успеваемость» (непрерывная переменная), применяя модель линейной регрессии. Поскольку дети обучаются в классе вместе, мы ожидали, что прогресс в успеваемости учащихся, которые занимаются в одном классе, будет демонстрировать более тесную корреляцию, чем прогресс в успеваемости тех, кто занимается в разных классных помещениях. По этой причине требовалась такая модель линейной регрессии, которая позволяла бы группировать данные, - многоуровневая модель (МУМ). Анализ с применением МУМ даёт возможность моделировать матрицу дисперсий и ковариаций непосредственно с использованием данных, так что требованием однородности дисперсии по всему массиву данных можно пренебречь [33].

Механизм МУМ для данного исследования предполагает два уровня: ученики на Уровне 1 сосредоточены в классных комнатах Уровня 2. Кроме того, в тестовом режиме была опробована трёхуровневая модель: ученики (Уровень 1) сосредоточены в классах (Уровень 2), которые, в свою очередь, сосредоточены в школах (Уровень 3), однако для окончательного анализа она не применялась. Более подробно этот аспект будет рассмотрен в разделе, посвящённом результатам. Мы используем термин «сосредоточены», так как каждый ребёнок обучается только в одном классе, а каждое классное помещение размещено только в одной школе.

Благодаря анализу с применением МУМ можно выявить необъяснённую дисперсию на каждом уровне модели. Так, применительно к влиянию педагогов наши попытки сформулировать показатели не привели к успеху из-за понятной озабоченности, связанной с сохранением конфиденциальности информации. Поэтому мы допускаем, что этот важный элемент «прячется» в необъяснённой дисперсии на уровне класса. Масштаб влияния педагога оценивается в работе Nye et al. [34] посредством мета-анализа, и на него приходится от 7 до 21 процента дисперсии прироста образовательных достижений учащихся [34].

Для исследования был использован специальный программный пакет для имитационного моделирования MLwiN [35]. Порядок моделирования соответствует описанному в West et al (2007) для двухуровневой модели со сгруппированными данными. Первоначальная модель Уровня 1 (учащийся) записана следующим образом:

$$Общая\ успеваемость_{ij} = \beta_{0j} + e_{ij},$$

где $Общая\ успеваемость_{ij}$ – это индивидуальное значение общей успеваемости ребёнка i в классе j, которая зависит от β_{0j}, константы (среднее значение) для класса j плюс остаточное значение e_{ij}, связанное с каждым ребёнком. Первоначальная модель Уровня 2 (класс) записана следующим образом:

$$\beta_{0j} = \Upsilon_{00} + u_{0j},$$

где константа, характерная для конкретного класса j (среднее значение в классе j) зависит от общей фиксированной константы Υ_{00} плюс некий случайный эффект u_{0j}, связанный с классом j. Общая модель смешанных уровней задана следующим образом:

$$Общая\ успеваемость_{ij} = \Upsilon_{00} + u_{0j} + e_{ij}.$$

После того, как сформирована базовая структура регрессионной модели, можно добавлять независимые переменные. Для того, чтобы проверить, насколько эффективна дополнительная независимая переменная в части улучшения модели, был проведён тест отношения правдоподобия. Для обоих вариантов модели (то есть для более простой модели и модели, включающей дополнительные факторы) была рассчитана функция ‘-2*log-

правдоподобность’. Затем, чтобы проверить, действительно ли второй вариант модели существенно лучше, варианты сравнили по разнице между значениями показателя ‘-2*log-правдоподобность’, используя кси-квадратное распределение с 1 степенью свободы. Эту операцию проделали для каждой добавленной независимой переменной (Глава 2.5 [36]).

Следующим шагом в построении модели стало добавление независимых переменных на Уровне 1 и Уровне 2. Следуя процедуре, описанной в West et al. [37], сначала были добавлены независимые переменные на Уровне 1, используя метод «пошагового приращения». В данном исследовании двумя основными факторами, предсказывающими успеваемость учащихся, стали стартовые оценки каждого ребёнка: «Взвешенный стартовый уровень успеваемости» и «Взвешенный по возрасту стартовый уровень успеваемости». Эти переменные добавлялись последовательно; значимость усовершенствования модели на каждом шаге отражалась статистикой показателя ‘-2*log-правдоподобность’. Затем модель была усовершенствована добавлением случайных эффектов в отношении одной из переменных Уровня 1. Самое значительное улучшение достигалось, когда переменная случайных эффектов добавлялась к «Взвешенному по возрасту стартовому уровню успеваемости». Поскольку при использовании коэффициента β_{0j} мы позволили значению константы варьироваться в зависимости от того, в каком классе находился учащийся, то затем при использовании коэффициента β_{1j} мы позволили варьироваться наклону графика в зависимости от классного помещения. Этим коэффициентом описывают отношение между средним значением показателя «Общая успеваемость» и средним стартовым уровнем в сравнении с детьми того же года обучения. Такой тип МУМ иногда называют моделью со случайным наклоном [36].

В модель Уровня 1 были добавлены все прочие независимые переменные Уровня 1; было проведено тестирование показателя ‘-2*log-правдоподобность’, чтобы убедиться, что эти переменные значительно улучшили модель.

Считается, что изменение значительно при $p < 0{,}05$ (двусторонняя значимость). Когда все добавляемые поясняющие переменные независимы друг от друга, используется процедура пошагового приращения. В данном случае пол, возраст и ключевые метрики учащихся (ООП, БШП и английский как не родной язык) были независимы друг от друга.

Вторая часть процесса предусматривала добавление независимых переменных на Уровне 2. Каждый фактор образовательной среды тестировался отдельно, для чего создавалась модель только с этим фактором; изменение считалось значительным при $p < 0{,}05$ (двусторонняя значимость). Для остальных переменных между некоторым факторами сохранялась непреднамеренная корреляция (см. раздел 4.1. ниже). Вследствие этого при добавлении этих переменных использовался подход «сверху-вниз», так чтобы модель с включёнными переменными показывала совокупное воздействие всех этих факторов перед изъятием каждого фактора для тестирования его индивидуальной значимости в рамках всей модели [37]. По мере того, как каждый из оставшихся параметров класса последовательно изымался, значение

показателя ‘-2*log-правдоподобность’ сопоставлялось с полной моделью, чтобы увидеть, имеется ли значительное изменение (двусторонняя значимость). Там, где присутствие этого параметра приводило к значительному улучшению модели, он сохранялся; в противном случае он не включался в неё. После изъятия всех малозначимых параметров была проделана следующая процедура: все отвергнутые параметры были снова добавлены. Этот последний шаг важен, так как вследствие взаимной корреляции параметры классного помещения влияют друг на друга. В окончательном тесте было допущено более высокое пороговое значение p, ибо результаты как бивариантного анализа, так и индивидуального моделирования ясно продемонстрировали значимость каждого отдельно взятого параметра классной комнаты на более высоком уровне.

4. Результаты

4.1. Предварительный анализ

Предварительный бивариантный анализ (Таблица 6) с фокусировкой на факторах, относящихся к характеристикам учащихся, выявил значительную обратную корреляцию между стартовым показателем/уровнем успеваемости и общей успеваемостью в течение учебного года. Это означает, что чем выше были стартовые уровни успеваемости, тем медленнее шло продвижение к следующему уровню. То же самое относится к показателю фактического возраста. Учащиеся старших классов медленнее переходили к следующему уровню успеваемости. Корреляция с полом незначительна: значительной разницы в общей успеваемости между мальчиками и девочками не обнаружено. Дети, получающие бесплатное школьное питание, отстают от других по результатам обучения, то же самое относится к детям с особыми образовательными потребностями. Дети, для которых английский не является родным языком, в среднем имеют значительно более высокие показатели общей успеваемости. Это – весьма значимые факторы, которые, безусловно, необходимо было учесть при построении МУМ для выделения воздействия параметров образовательной среды.

Таблица 6: Корреляция Пирсона между каждой переменной и общей успеваемостью каждого учащегося

Тип переменной	Фактор		Общая успеваемость
Учащийся	Взвешенный стартовый уровень успеваемости		-0,277[b]
	Взвешенный по возрасту стартовый уровень успеваемости		-0,084[b]
	Фактический возраст		-0,242[b]
	Возраст в месяцах		-0,002
	Пол		-0,007
	Дети, получающие бесплатное школьное питание		-0,039[a]
	Дети, для которых английский не является родным языком		0,120[b]
	Дети с особыми образовательными потребностями		-0,139[b]

Образовательная среда	Натуральность	Освещение	0,159[b]
		Звук	0,042[b]
		Температура	0,105[b]
		Качество воздуха	0,122[b]
		Связь с природой	0,153[b]
	Индивидуализация	Персонализация	0,145[b]
		Адаптивность	0,153[b]
		Связанность	0,131[b]
	Уровень стимулирования	Сложность	0,181[b]
		Цвет	0,177[b]

[a] Указывает на корреляцию, значимую на 5%-ном уровне.
[b] Указывает на корреляцию, значимую на 1%-ном уровне

При определении факторов, характеризующих среду обучения, сначала были построены диаграммы рассеяния для анализа зависимости между успеваемостью учащихся и каждым из показателей в отдельности. Элементы были зафиксированы в исследовании, подтвердившим общую зависимость между успеваемостью учащихся и данным показателем. Особое внимание уделялось выявленным нелинейным зависимостям (см. ниже), и по этим параметрам были построены криволинейные шкалы.

Анализ связи общей успеваемости каждого учащегося с параметрами образовательной среды показали, что все десять параметров имеют положительную корреляцию с успеваемостью. Из пяти параметров *натуральности* освещение имело самую высокую корреляцию с общей успеваемостью. При определении оптимальных характеристик освещения оказалось, что таковыми являются максимальное количество естественного и электрического света, но без прямого солнечного света. Выяснилось, что слишком много прямого солнечного света в классе вызывает состояния ослепления. Выявлена значительная положительная корреляция всех трех параметров индивидуализации с успеваемостью. Криволинейная зависимость обнаружена между успеваемостью и двумя параметрами уровня стимулирования – сложностью и цветом, а оптимальным показателем этого параметра является промежуточной уровень. Например, планировка высокой и низкой сложности плохо отражалась на успеваемости, а средний уровень этого показателя дал хорошие результаты.

При определении показателей влияния этих факторов мы попытались, по мере возможности, исключить случаи сильного взаимозависимости между разными показателями для минимизации вероятности двойного счета. Однако центральное место должно было занимать подтверждение предполагаемого влияния на обучение детей. Поэтому, в некоторых случаях по параметрам со значительной корреляцией, например, по освещению и качеству воздуха, корреляция оценивается в 0,312. Это объясняется тем, что одним из параметров освещения был ‘размер окон’, а для оценки качества воздуха использовался такой показатель, как ‘размер открывающихся окон’. По этой причине в Таблице 7 показаны взаимосвязи между такими параметрами.

4.2. Многоуровневая модель

Многоуровневое моделирование позволяет рассмотреть влияние разных факторов на результаты обучения одной и той же группы детей, т.е. класса. При использовании двухуровневой модели дисперсия в этом случае разделялась на два уровня – дисперсия между учащимися и дисперсия между классами. При использовании независимых переменных для построения статистической модели можно было до некоторой степени сократить дисперсию

на каждом из этих уровней. Первоначально построенная пустая или нулевая двухуровневая модель без независимых переменных описывает разделение дисперсии на эти два уровня. В нашем массиве данных по общей успеваемости с помощью пустой модели примерно 55% дисперсии относится к уровню дисперсии между учащимися, и примерно 45% - к уровню дисперсии между классами.

Таблица 7: Корреляция Пирсона между всеми параметрами образовательной среды

		Натуральность					Индивидуализация		Связанность	Уровень стимулирования	
Натуральность	Освещение	1									
	Звук	-0,041	1								
	Температура	-0,052	0,149	1							
	Качество воздуха	0,312[a,c]	-0,110	-0,169[b]	1						
	Связь с природой	0,282[a,c]	0,104	0,108	0,112	1					
Индивидуализация	Персонализация	-0,126	0,154	0,141	-0,021	0,032	1				
	Адаптивность	-0,056	-0,061	0,257[a]	0,103	0,005	0,132	1			
Уровень стимулирования	Связанность	0,079	0,210[a]	0,149	-0,082	0,142	0,170[b]	0,086	1		
	Сложность	0,104	0,169b	0,071	-0,168[b]	0,095	0,167[b]	-0,029	0,109	1	
	Цвет	-0,077	-0,044	0,206[b]	0,017	0,040	00,121	0,166[b]	0,157	0,042	1

[a] Значимая корреляция на уровне 0,01 (двусторонний уровень значимости).
[b] Значимая корреляция на уровне 0,05 (двусторонний уровень значимости).
[c] Корреляция выше 0,200.

Таблица 8: Расчётные параметры и стандартные ошибки по значимым факторам в МУМ

Факторы		**Расчетный параметр**	**Стандартная ошибка**
Константа		0,070	0,046
Взвешенный стартовый уровень успеваемости		-0,348	0,046
Взвешенный по возрасту стартовый уровень успеваемости		0,090	0,037
Дети, для которых английский не является родным языком		0,086	0,038
Дети, участвующие в программе бесплатного школьного питания		-0,094	0,031
Дети с особыми образовательными потребностями		-0,363	0,037
Натуральность	Освещение	0,141	0,044
	Температура	0,083	0,046
	Качество воздуха	0,112	0,046
Индивидуализация	Персонализация	0,076	0,044
	Адаптивность	0,115	0,046
Уровень стимулирования	Сложность	0,085	0,040
	Цвет	0,074	0,043
Дисперсия по константе		0,274	0,034
Дисперсия по взвешенному по возрасту стартовому уровню успеваемости		0,094	0,014
Ковариация между константой и взвешенным по возрасту стартовым уровнем успеваемости		-0,067	0,016
Случайная ошибка		0,454	0,011

В трехуровневой модели на различия между школами приходится только 3% дисперсии. Таким образом, при всем разнообразии проектировочных решений и контингентов учащихся школ, включенных в выборку, в дисперсии показателей годовой общей успеваемости преобладала дисперсия между учащимися и между классами. Столь незначительную дисперсию между школами в какой-то мере можно объяснить тем, что все школы финансируются государством, являются смешанными (мальчики и девочки учатся вместе), и находятся в ведении местных органов власти. Это относится не ко всему спектру начальных школ Великобритании, но к подавляющему большинству школ. Следует также отметить

значительное варьирование физических характеристик школ, воздействие которых является предметом данного исследования. Мы рассмотрели факторы на уровне школы, но их воздействие оказалось незначительным, что вполне ожидаемо с учетом выше описанного распределения дисперсии. По этой причине трехуровневая модель больше не изучалась. Вместе с тем, важным итогом исследования является сам вывод о низком уровне воздействия параметров школ на результаты обучения, по сравнению с влиянием факторов, характеризующих учебные классы и учащихся. Мы вернемся к этому вопросу в разделе «Выводы».

Результаты использования двухуровневой модели общей успеваемости показаны в Таблице 8. Указанные значения отражают коэффициенты фиксированных эффектов по каждой из включенных в модель независимых переменных и по каждой из переменных случайных эффектов. Размеры коэффициентов отражают относительную значимость независимых переменных в модели.

Пропорциональное уменьшение дисперсии посредством включения независимых переменных в модель на уровне 1 и на уровне 2 показано в Таблице 9. Переменные, относящиеся к учащимся, уменьшают дисперсию на уровне 1 на 18%, а переменные, относящиеся к классам, уменьшают дисперсию на уровне 2 на 26%. Общее соответствие R-квадрата двухуровневой модели составляет 58%.

Таблица 9: Пропорциональное уменьшение дисперсии при включении в модель параметров уровня 1 и уровня 2

Модель	Случайная ошибка	Дисперсия константы
Пустая модель (без параметров)	0,551	0,474
Модель с параметрами учащихся (уровень 1)	0,453	0,371
Модель с параметрами учащихся и классов (полноценный уровень 2)	0,454	0,274
Пропорциональное уменьшение дисперсии		
Уровень 1	18%	
Уровень 2		26%

В следующих двух разделах рассматриваются независимые переменные, значимые на уровне классов и учащихся.

4.3. Факторы влияния на «уровне учащихся»

Результаты двухуровневого моделирования показывают, что в этой модели значимыми параметрами уровня 1 являются взвешенный стартовый уровень успеваемости, взвешенный по возрасту стартовый уровень успеваемости, участие в программе бесплатного школьного питания, изучение английского как неродного языка и особые образовательные потребности. Пол в этой модели оказался незначимым фактором. У участников программы бесплатного школьного питания, и детей с особыми образовательными потребностями показатели успеваемости были значительно ниже, чем у других учащихся. Дети, для которых английский не является родным языком, учились значительно лучше. Размеры коэффициентов указывают на их относительный эффект, при этом изучение английского как неродного языка и участие в программе бесплатного школьного питания оказывают примерно одинаковое по «величине»

воздействие на успеваемость, а показатели общей успеваемости детей с особыми образовательными потребностями более чем в три раза ниже средних. Отрицательное значение коэффициента модели по взвешенному стартовому уровню успеваемости означает, что ученики с высокими годовыми показателями успеваемости медленнее достигают следующего уровню. Следует отметить, что балльная шкала NC является линейной и рассчитана на то, что каждый учащийся, вне зависимости от возраста, «поднимается» по ней на два подуровня в год, но учителя признают, что темпы обучения детей не являются линейными показателями. Положительное значение коэффициента модели по взвешенному по возрасту стартовому уровню успеваемости означает, что ученики, опережающие своих сверстников по успеваемости, в среднем действительно учились лучше.

Эти данные схожи с результатами ранее проведенного бивариантного корреляционного анализа, но теперь они определяют интерактивный контекст в рамках той же модели вместе с параметрами образовательной среды, к которым мы сейчас переходим. Помимо этих формально установленных характеристик учащихся, в пределах необъяснимой дисперсии на уровне учащихся в процесс моделирования включаются другие аспекты, которые имеют отношение к учащимся, но не измерялись ранее.

4.4. Оценка влияния образовательной среды на уровне учебного класса на поведение детей

Из десяти параметров среды, рассматриваемых в рамках данного исследования, семь параметров значительно улучшили нашу двухуровневую модель общей успеваемости в начальной школе. В Таблице 9 эти параметры показаны с их модельными коэффициентами. Значимые параметры образовательной среды на уровне учебного класса относятся к трем разным принципам проектирования/дизайна, которыми являются: натуральность, индивидуализация и уровень стимулирования. В Таблице 10 показана структура воздействия с разбивкой по параметрам. На долю параметров натуральности (освещение, температура и качество воздуха) приходится 49% воздействия в модели общей успеваемости. Общая доля влияния параметров индивидуализации (персонализация и адаптивность) составляет 28%. Параметры уровня стимулирования (сложность и цвет) дают 23% воздействия. Исходя из относительного «размера» влияния каждого из этих трех основных компонентов, следует ожидать, что натуральность образовательной среды является самым «влиятельным» фактором. На втором месте по «силе воздействия» находится индивидуализация учебного класса для личного использования теми, кто там учится, а адекватный уровень стимулирующего эффекта учебного класса занимает последнее место, притом, что он тоже играет важную роль, соответствующую почти четверти оказываемого воздействия.

Таблица 10: Повышение общей успеваемости учеников (в процентном выражении) под воздействием каждого из факторов, характеризующих среду обучения

Принцип проектирования	Параметр среды обучения	Доля влияния (в процентах)
Натуральность		49
	Освещение	21
	Температура	12
	Качество воздуха	16
Индивидуализация		28
	Персонализация	11
	Адаптивность	17
Уровень стимуляции		23
	Сложность	12
	Цвет	11

При использовании МУМ с помощью программного обеспечения «MLwiN» можно выделить подгруппу включённых в модель факторов для расчета их воздействия. Таким образом, если все остальные переменные имеют заданные значения, соответствующие их средним значениям, то с помощью модели можно прогнозировать динамику общей успеваемости под влиянием лишь данной подгруппы факторов, характеризующих среду обучения, т.е. учебный класс. В данном случаев, по сути, берется средний ученик со средним учителем и «помещается» в каждый из рассматриваемых учебных классов. Тогда полный спектр эффектов среды на уровне класса соответствует наиболее эффективному дизайну класса, обеспечивающему общую успеваемость на уровне 16,05 балла NC, а при наименее эффективном дизайне класса общая успеваемость составляет 8,12 балла по шкале NC. Это значит, что общая успеваемость варьирует с амплитудой в 7,93 балла по шкале NC, и эта разница объясняется исключительно физическими параметрами учебного класса. Далее, общую успеваемость, соотносимую с эффектами среды в классе, можно сопоставить со средним показателем успеваемости учащихся, который, как показано в Таблице 5, составляет 50 баллов по шкале NC. В результате, получатся, что доля воздействия факторов среды в учебном классе равна 7,93/50, т.е. 16% всех эффектов, вызывающих варьирование успеваемости. Если рассмотреть это с другой стороны, получается, что при 8 баллах по трем предметам, на каждый предмет приходится по 2,67 балла; следовательно, разница в показателях успеваемости между учащимися в классе с наиболее эффективным и наименее эффективным дизайном составляет 1,34 подуровня при равенстве всех прочих условий.

5. Обсуждение

В Таблице 11 наши данные по отдельным параметрам сравниваются с опубликованными данными других исследований. Многие исследования, использовавшиеся для составления этой таблицы, были ориентированы на однофакторную оценку воздействия, и весьма часто такая оценка проводилась в контролируемых условиях. А источником данных для нашего исследований является «обследование в естественных условиях», когда даже при оценке влияния одного фактора он рассматривается в контексте действия всех остальных факторов.

Это исследование проводилось с использованием данных ранее проведенных исследований, но оно должно углубить понимание сложного взаимодействия разных свойств создаваемой среды обучения и их влияния на учащихся начальной школы. При этом полученные данные по влиянию комфортности помещения, которую обеспечивает соблюдение принципа «натуральности», в основном согласуются с данными других авторов. Освещение, температура и качество воздуха оказывают значительное воздействие на результаты обучения детей. Однако в ходе исследования также выяснилось, что большой размер окон не является безоговорочно эффективным средством максимизации показателей успеваемости. Ориентация окон по сторонам света, наличие (внутренних и наружных) регулируемых солнцезащитных устройств, размер и расположение проемов – все эти аспекты необходимо всесторонне продумать и учесть, чтобы уже на стадии проектирования исключить риск негативного воздействия слепящего солнечного света, перегревания и плохого качества воздуха. Очевидно также, что для пользователей помещений важно иметь возможность регулировать эту «натуральность». Качественно и количественно хорошее электрическое освещение, центральное отопление с термостатической регулировкой температуры и механическая вентиляция – все это позволяет учителям/ученикам регулировать соответствующие показатели «климата» в помещении для обеспечения комфортного уровня. Следует отметить, что хотя хорошая акустика и связь с природой, по результатам

бивариантного анализа, положительно влияют на успеваемость, многоуровневое моделирование показало, что эти характеристики «вытесняются» другими параметрам, и в рамках этой весьма большой и разнообразной выборки не удалось получить достаточно убедительных данных в подтверждение их важности.

Таблица 11: Выводы по итогам исследования (по каждому параметру)

Расчетные параметры (факторы)	Выводы других авторов	Выводы по итогам данного исследования	
Натуральность			
*Освещение (дневной свет)	Дневной свет оказывает значительное влияние на показатели успеваемости по лексике для чтения и естествознанию. Установлена связь между большим окнами и улучшением результатов обучения в течение года [10,38].	Иные	Из всех параметров освещение оказывает самое сильное воздействие на общую успеваемость. Однако размер окон сам по себе не оказывает значительного влияния на обучение. Положительное воздействие оптимального размера стекол на обучение оказывается, только когда окна спроектированы с учетом правильной ориентации по сторонам света и риска проникновения слепящего солнечного света.
*Освещение (электрическое освещение)	Плохое электрическое освещение вызывает головные боли и нарушения зрения [39]. При использовании полноспектральных ламп дневного света с дополнительными ультрафиолетовыми осветительными приборами посещаемость, успеваемость и показатели роста учащихся были выше, чем у студентов, учащихся в условиях с использованием других осветительных приборов [40]	Согласуются и углубляются	Не только качество, но и количество электрического освещения имеет значительную положительную корреляцию с успеваемостью
Звук (хорошая акустика)	Обнаружено значительное влияние времени реверберации на восприятие речи и оперативную память [41].	Мало данных для подтверждения	Время реверберации в рамках этого исследования не оценивалось. Но, по некоторым данным, зависимость между

			временем реверберации и некоторыми элементами дизайна, например, формой помещения и площадью коврового покрытия, действительно существует. Бивариантный корреляционный анализ выявил значительную корреляцию этих факторов с показателями темпов обучения. Но МУМ не дает результатов по этому аспекту.
Звук (шум)	Шум снаружи или внутри помещения оказывает значительное отрицательное влияние на успеваемость [42e44]	Мало данных для подтверждения	Уровень шума не был объектом данного исследования, но факторы, от которых зависит уровень шума (например, расстояние от автомагистрали и наличие шумных зон в непосредственной близости от данного класса), находились в бивариантной корреляции с темпами обучения. Но МУМ не дает результатов по этому аспекту.
*Температура (солнечное тепло)	При снижении температуры с 25° до 20° значительно улучшались результаты двух математических и двух языковых тестов [19].	Согласуются	Факторы, от которых зависит температура, коррелировали с темпами усвоения учебного материала. Проблема естественного перегревания помещения возникала при отсутствии наружных регулируемых солнцезащитных устройств.
*Температура (регулируемая)	Те, у кого больше возможностей регулировать температурные условия, как правило, меньше страдают из-за дискомфорта [45].	Согласуются	В помещениях, где можно легко регулировать температуру, результаты обучения лучше
*Качество воздуха (уровень CO_2)	При высоком уровне CO_2 в классах [46] и при медленной циркуляции воздуха в помещении значительно замедляется	Согласуются	Факторы, влияющие на уровень CO_2, коррелируют с темпами усвоения учебного материала, Например, дети быстрее усваивают

	концентрация внимания учащихся [19,47]		материал, находясь в помещениях с механической вентиляцией, помещениях большого объема или помещениях с большими окнами.
Связь с природой (вид из окон)	У пациентов, находившихся в палатах с живописным видом из окон, продолжительность послеоперационного пребывания в стационаре была короче, чем у пациентов, находившихся в таких же палатах, но с окнами с видом на кирпичную стену [7].	Мало данных для подтверждения	Бивариантный анализ выявил корреляцию вида из окна с результатами обучения в тех случаях, когда подоконники находятся ниже уровня глаз учащихся. Но МУМ не дает результатов по этому аспекту.
Связь с природой (доступ к природной среде)	Более натуральная, более экологичная/зеленая среда повышает способность детей концентрировать внимание [48]	Мало данных для подтверждения	Бивариантный анализ показывает корреляцию обстановки класса деревянной мебелью с результатами обучения, то же самое относится к классам с выделенными для них игровыми зонами на улице. Но МУМ не дает результатов по этому аспекту.
Индивидуализация			
* Персонализация (выраженная особенность дизайна класса)	Привлекательная физическая среда в школе ассоциируется с уменьшением частоты возникновения проблем с поведением учащиеся, чего нельзя сказать о неблагоприятной физической среде [49].	Согласуются	Архитектурно-планировочные решения, обеспечивающие уникальность помещения и его ориентированность на ребенка, в значительной мере коррелируются с результатами обучения
* Персонализация (характер отделки и оформления)	Постоянное участие детей в художественном оформлении класса усиливает у них чувство личной причастности к учебной среде [50]. Это существенно повышает самооценку детей [51].	Согласуются	Благодаря личному участию детей в оформлении класса, у них формируется восприятие класса как личного пространства, и это в значительной мере коррелируется с результатами обучения
* Персонализация (мебель)	Специализированное оснащение класса играет важнейшую роль в обеспечении благополучия и высоких	Иные	Эргономичные и удобные для детей предметы мебели и элементы дизайна класса

	учебных достижений [52e54].		в значительной мере коррелируют с результатами обучения
*Адаптивность (планировка класса)	При четкой организации пространства значительно усиливаются познавательные тенденции в поведении, общительность и взаимодействие [55,56].	Согласуются	В рамках данного исследования изучалось влияние таких показателей адаптивности, как наличие и расположение зон и помещений для отдыха, хранения вещей, количество разных учебных зон и пространство, где можно проводить выставки/показы. Большее количество учебных зон для детей младшего возраста и их меньшее количество для детей старшего возраста коррелирует с результатами обучения. Наличие зон отдыха в самом классе коррелировало с результатами обучения
*Адаптивность (размер)	*На учебных достижениях девочек отрицательно сказывалось сокращение площади помещения на одного ученика; на поведении мальчиков в классе отрицательно сказывалось «перенаселенность» класса [57].	Иные	Большие помещения простой формы (квадратные) позволяли детям старшего возраста лучше учиться в классе. Однако в помещениях сложной формы для детей младшего возраста можно было создавать разные учебные зоны и обеспечить их адаптивность.
Связанность (использование проходных помещений)	Движение и перемещения оказывают значительное воздействие на понимание прочитанного [10].	Мало данных для подтверждения	Выявлена бивариантная корреляция между широкими и помогающими ориентироваться коридорами и хорошей успеваемостью. Но МУМ не дает результатов по этому аспекту.
Уровень стимулирования			
*Сложность (разнообразие обстановки в классе и его оформления)	Уровни успеваемости были выше у детей, обучающихся в классах с простым оформлением, чем у детей, обучающихся в сильно «декорированных»	Иные/ Согласуются	Это исследование показало, что именно разнообразие обстановки в помещении в целом и его оформления коррелирует с результатами обучения.

	классах [27]. Вместе с тем, по данным некоторых авторов (Read et al. [58]), помещение с неравномерной высотой потолка и разноцветные стены также могут оказывать стимулирующее воздействие на детей. При отсутствии в помещение визуально отвлекающих факторов дети меньше (по времени) отвлекались от занятий и достигали более высоких уровней успеваемости, чем при наличии многочисленных зрительно отвлекающих факторов в классе [59].		Разнообразие обстановки в классе и его оформления имеет криволинейную корреляцию с успеваемостью - от недостаточного до чрезмерного стимулирования. Это означает, что только при промежуточном уровне стимулирования оно оказывает положительное воздействие на успеваемость.
*Цвет (стен и классов)	Внеурочное поведение учащихся явно ухудшалось при изменении близкого к белому цвета стен класса на насыщенные цвета [58,60] Дети предпочитают красный цвет внутри помещения. Для детей в возрасте от 3 до 5 лет предпочтительными являются холодные, а не теплые цвета [61]	Согласуются	Самая сильная корреляция с успеваемостью обнаруживается у помещений со сбалансированным сочетанием светлых или белых стен с одной стеной другого цвета или с отделкой/элементом оформления ярких цветов. Для выделения цветовых элементов использовалась шкала яркости цвета. Корреляция с успеваемостью также обнаруживается у такой характеристики, как дополнительные цветовые элементы помещения в виде яркой мебели, ковров и прочих элементов ярких цветов.

*Значимо в МУМ

Учащиеся начальной школы обычно занимаются в одном и том же помещении, проводя там большую часть времени. У них формируется отношение к своим классам как к «своему» пространству, а то, насколько дети могут привести помещение класса в соответствие со своими индивидуальными потребностями, рассматривается при оценке роли второго принципа проектирования/дизайна, которым является «индивидуализация». Многие ранее проведенные исследования уже подтвердили, что постоянные выставки личных работ учащихся (рисунков, фотографий, поделок) способствует формированию у детей чувства личной причастности к этой учебной среде. Наше исследование еще раз подтвердило это и позволило сделать шаг

вперёд. Судя по всему, такое же воздействие на детей оказывают выраженные архитектурные особенности помещения. Например, классы могут отличаться от типовых классных комнат своим размещением (бунгало или отдельные здания); формой (Г-образное или Т-образная форма); наличием встроенной полки для выставок; «уголка», где ребенок может побыть один; специализированным оснащением, ориентированным на учащихся, особой формой потолка и т.д. Ранее проведенные исследования не привели к появлению единого мнения о том, влияет ли размер учебного класса на результаты обучения. Представляется, что оптимальные формы учебных классов и элементы внутри помещения зависят от возраста детей. Если основным видом занятий является игровое обучение (KS1), то для этих целей в классе должно быть несколько разных зон для вариативного обучения. При проведении формального обучения с помощью интерактивной доски всем детям должно быть хорошо ее видно, поэтому целесообразно использовать учебные классы более простого дизайна (KS2). Следует подчеркнуть, что такие различия зависят от преобладающих в Великобритании педагогических подходов. И, наконец, МУМ не вывяливала влияния пространственной связанности, характеризующей использование коридоров и возможности передвижения по школе. Поэтому данное исследование дает лишь слабое подтверждение этого вывода только в виде выявленной бивариантной корреляции с результатами обучения.

Учебный класс начальной школы предназначен для детей, и вполне правомерно утверждать, что он должен быть спроектирован так, чтобы пребывание в школе было для детей интересным и радостным опытом. С другой стороны, класс – это также место для проведения обучения без помех, создаваемых отвлекающими факторами. Для установления баланса необходимо соблюдение третьего принципа проектирования – обеспечение «целесообразного уровня стимулирования» для данного вида занятий. Это исследование выявило криволинейную связь успеваемости с параметрами, которые, по определению, действуют на зрительное восприятие разнообразия. Таким образом, оптимальными для обучения являются промежуточные уровни этих параметров. Например, общий интерьер, включая планировку класса и оформление стен, должен оказывать стимулирующее воздействие, но при этом быть сбалансированным за счет определенного уровня упорядоченности, желательно, без отвлекающих факторов. То же самое относится цветовым решениям: насыщенные и яркие цвета лучше использовать для элементов отделки или выделения частей интерьера, а не в качества основной цветовой гаммы класса. Это простое определение умеренного уровня стимулирования, соответствующего целям обучения, лежит в основе принципа, который может пролить свет на целый ряд более специализированных исследований.

6. Выводы

6.1. Резюме

Центральным элементом данного исследования было комплексное моделирование влияния рабочей среды на результаты человеческой деятельности в целях оценки помещений школ и классов и установления связи их характеристик со статистическими данными по успеваемости на уровне учащегося. В этой связи проведено обследование выборки, состоявшей из 153 учебных классов в 27 школах, для количественной оценки характеристик классов и школ. Помимо этого, осуществлён сбор данных по 3766 детям, обучающимся в этих помещениях, включая данные по фокусной зависимой переменной - успеваемости. Десять параметров среды были выбраны, исходя из принципов проектирования, которыми являются натуральность, индивидуализация и уровень стимулирования. Основополагающая гипотеза заключается в том, что учебные достижения детей находятся в зависимости от целого ряда факторов,

всесторонне характеризующих все три принципа проектирования. Затем были определены показатели для оценки этих десяти проектировочных параметров в каждом классе. Каждый из десяти параметров в отдельности значительно коррелировал с успеваемостью детей. Следующим шагом было применение многоуровневой регрессионной модели (включавшей параметры, характеризующие учащихся). В результате было выявлено семь ключевых проектировочных параметров, которые оказывают самое сильное влияние на успеваемость. Ими являются освещение, температура в помещении, качество воздуха, персонализация, адаптивность, сложность и цветовые решения. Доля воздействия смоделированных параметров учебного класса составила 16% общего диапазона варьирования показателей успеваемости учащихся. Три совершенно разные административно-территориальные единицы с большими различиями в характеристиках контингента учащихся и образовательной среды на уровне школьных зданий были включены в выборку для обоснования результатов анализа на уровне школы. Этого сделать не удалось. Анализ с помощью МУМ показал, что доля различий в успеваемости из-за различий между школами составляет лишь 3%. Включение в исследование этого уровня анализа не привело к повышению качества анализа в целом; поэтому, он не получил продолжения.

Первая фаза исследования позволила установить, что проектировочные параметры учебных классов объясняют 25% дисперсии в успеваемости [1]. Выборка для второй фазы была увеличена в пять раз, и эффект параметров дизайна классов выравнивается до 16%, но при этом определённость значительно повышается. Вторая фаза исследования также включала анализ с учетом дополнительных параметров, относящихся к статусу учащихся: бесплатное школьное питание, английский как неродной язык и особые образовательные потребности. Значение R-квадрата по критерию адекватности регрессионной модели повысилось с 51% (фаза 1) до 58% (фаза 2).

6.2. Важнейшие результаты

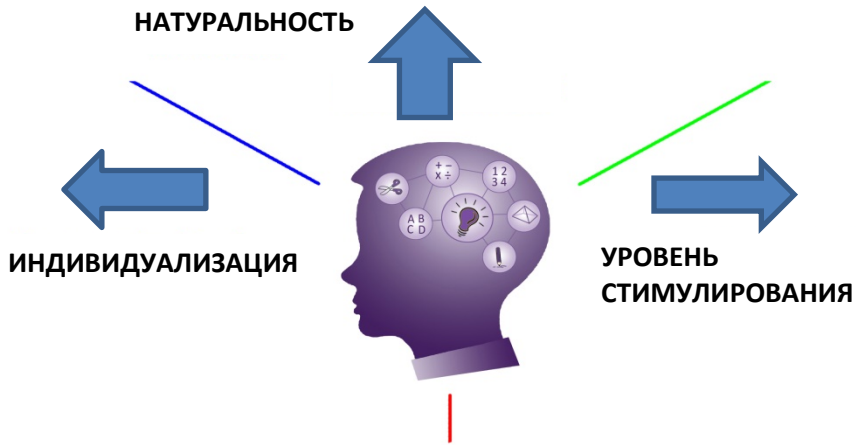
Настоящее исследование позволило пролить свет на целый ряд аспектов – от общих концептуальных проблем до весьма специализированных практических вопросов.

Одним из важнейших результатов исследования в целом стало подтверждение гипотетической пригодности концептуальной модели «Стимулирование, натуральность, индивидуализация»/СИН (Рисунок 3) для структурирования и изучения всего спектра сенсорного воздействия среды на человека, находящегося в данном помещении. В 2010 году были представлены теоретические аргументы в пользу того, что это может быть продуктивным направлением для продвижения вперед [15]. Но полученные сейчас результаты со всей очевидностью свидетельствуют о том, что каждый из этих аспектов играет свою роль в изучении всех сторон воздействия антропогенной среды на человека. Интересно, что (в данном случае применительно к начальной школе) в структуре воздействия на обучение доля факторов натуральности составляет около 50%, а индивидуализация и целесообразный уровень стимулирования – примерно по 25%. Мы не смогли прогнозировать, будет ли каждый из этих факторов продолжать действовать, и если «да», то, как изменится соотношение их ролей. Но теперь, по крайней мере, есть какое-то представление об этом применительно к конкретной ситуации.

То, что с общим воздействием факторов искусственной среды на обучение детей соотносится 16% дисперсии показателей успеваемости, является важнейшим итогом научной работы в той области, где, по словам Байкера и Бернштейна [62]: «интуиция дает более

глубокое понимание зависимости между школьными зданиями и здоровьем и обучением учащихся …, чем логические подтверждения» (p2). Это, безусловно, относится к школам, но, как отмечено в начале статьи, на примере начальной школы можно на основе относительно простой ситуации изучать сложные общие проблемы. В конечном итоге, эти результаты показывают, что масштаб воздействия проектировочных параметров зданий на деятельность и благополучие людей поддается оценке и, что его значение нетривиально.

Рисунок 3: Целостная концептуальная модель «СИН» («Стимулирование/индивидуализация/натуральность»)



Исследование также позволило получить важную информацию о том, как некоторые отдельно взятые факторы, демонстрирующие весьма сильную и значительную корреляцию с успеваемостью (в данном случае), «выпадают» из анализа при их рассмотрении в сочетании с другими факторами, такими как «связь с природой». Это говорит о значении однофакторного анализа для создания гипотез, но, в то же время, указывает на опасность попыток их простого переноса в реальную многомерную среду. Это является еще одним подтверждением целесообразности многоуровневого моделирования для изучения сложных ситуаций как объектов экспериментов в «естественных» условиях.

Сюрпризом для экспертов, проводивших исследование, оказалась приглушенность эффекта параметров на уровне здания в целом. До некоторой степени это, должно быть, обусловлено спецификой государственной системы начального образования как объекта исследования. Эта специфика состоит в том, что учащиеся большую часть времени проводят в одном и том же помещении и учатся по единой государственной программе. При этом результаты исследования действительно подтверждают выводы о необходимости проектирования «изнутри наружу», представленные в полемических статьях, которых в последние годы становится все больше [63]. При проектировании «изнутри наружу» во главу угла ставятся потребности и задачи пользователей, которые определяют визуальную доминантой большой части архитектурно-проектных решений [64]. Кроме этого, некоторые авторы обосновывают, в частности, необходимость использования элементов сенсорно-сенситивного проектирования [65,66]. По всей видимости, эти аспекты важнее, чем это часто представляется. Рисунок 4 является наглядной иллюстрацией в подтверждение этого. Каждая колонка значков представляет учебные классы в одной школе, и можно видеть, что дисперсия моделируемого показателя эффективности дизайна учебных классов в данной школе значительно варьирует. Не существует «хороших» или «плохих» школ, но явно есть более или менее эффективные дизайны учебных классов.

Проведенный в рамках данного исследования анализ влияния архитектуры самих школ позволил выявить и классифицировать те элементы проектных решений, которые в совокупности, по-видимому, обеспечивают оптимальную организацию пространства для учащихся начальной школы. Это схематично показано в Таблице 12. Некоторые из этих факторов должны учитываться не только проектировщиками, но и пользователями, которые могут адаптировать свои помещения для повышения результативности процесса обучения. Вместе с тем, интеграция в архитектурно-проектные решения всех этих факторов в оптимальном сочетании по-прежнему является труднейшей задачей для проектировщиков.

6.3. Ограничивающие факторы и дальнейшая работа

Это исследование имеет свои сильные и слабые стороны. Выбранная фокусировка и используемый концептуально-методологический подход позволили сделать шаг вперед, но они также имеют свои недостатки, которые, следовательно, подразумевают возможности для использования альтернативных подходов. Помимо этого, полученные на сегодняшний день данные можно использовать в качестве основы для проведения дальнейших исследований и повышения достоверности результатов.

Рисунок 4: Смоделированное воздействие параметров учебных классов на обучение в школах, находящихся в ведении одного и того же местного органа власти

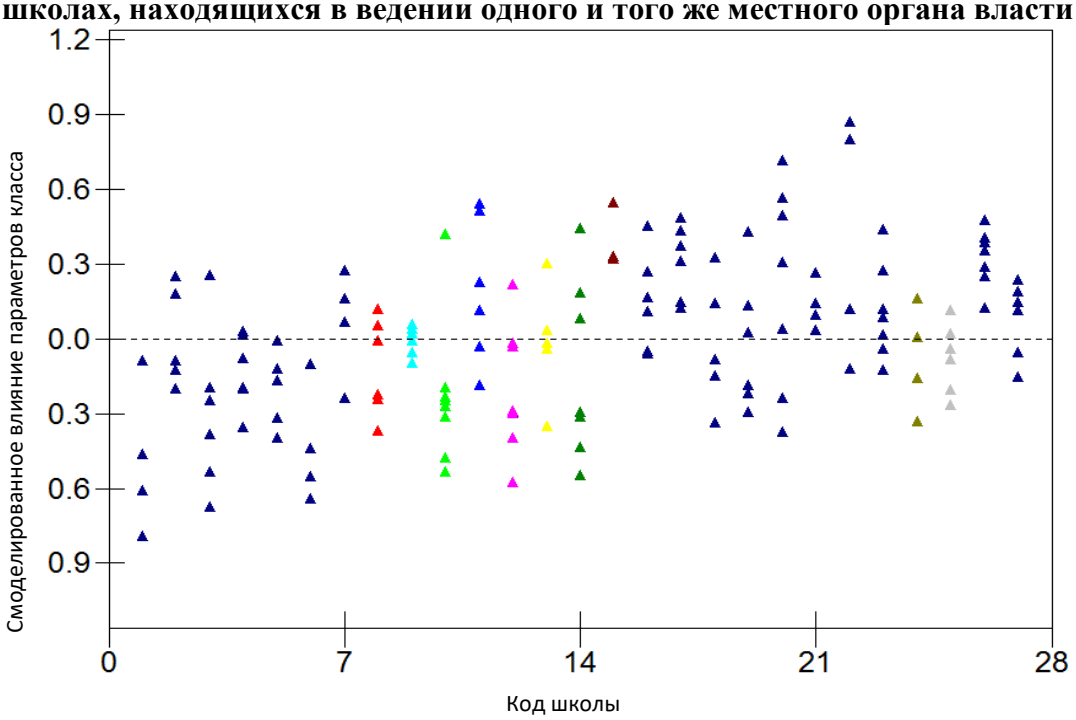


Таблица 12: Основные характеристики учебных классов, способствующие повышению успеваемости учащихся

Принцип проектирования	Параметр дизайна	Характеристики хорошего класса
Натуральность	Освещение	Окна, выходящие на восток и на запад, обеспечивают хорошую освещенность дневным светом с низким уровнем риска проникновения слепящего света. Необходимо избегать чрезмерно больших размеров остекленных проемов, особенно если окна выходят на солнечную сторону большую часть года. К тому же, визуальную экологию можно улучшить за счет увеличения эклектического освежения высокого качества.
	Температура	В помещение проникает мало солнечного тепла, или оно оборудовано необходимыми регулируемыми солнцезащитными устройствами. Кроме этого, в каждом классе батарея с термостатической регулировкой температуры позволяет учащимся лучше адаптироваться к тепловым условиям.
	Качество воздуха	Большой объем помещения и большие окна на разной высоте создают возможность для установления режимов вентиляции в зависимости от изменения условий.
Индивидуализация	Персонализация[a]	Классы с выраженными особенностями дизайна; персонализированное оформление и качественные стулья и парты создают впечатление личного пространства.
	Адаптивность	Большие и простые помещения для детей старшего возраста и более вариативная по форме планировка для детей младшего возраста. Легкий доступ к примыкающим помещениям, где дети находятся на переменах, и широкие коридоры, где дети хранят свои вещи. Четко выделенные учебные зоны, что позволяет использовать методы обучения с учетом возрастной спецификам, и большие площади для экспозиций на стенах.
Уровень симулирования	Сложность[a]	Планировка помещения, потолок и оформление/отделка привлекают внимание учеников, но для равновесия это сочетается с определенной степенью упорядоченности, чтобы не возникало ощущения перегруженности и захламленности класса.
	Цвет[a]	Белые стены в сочетании с одной акцентной стеной (выделяющейся ярким и/или светлым цветом) обеспечивают хороший уровень стимулирования. Яркий цвет мебели и отделки выступают в роли акцентирующих элементов пространства.

[a] Параметры класса, тесно связанные с видами использования помещения.

Выборка была ориентирована на один тип зданий (здания начальной школы) в одной и той же стране (Великобритании/Англии) и обследовалась в целях объяснения различий в значениях одного показателя человеческой деятельности (формальных результатов обучения). Начальные школы и соответствующая методика преподавания в Великобритании имеют вполне четко выраженные единые характеристики, но в других сценариях можно ожидать, что воздействие параметров всего здания школы будет более сильным. Также возможно, что для других аспектов образования, например, для формирования поведенческих навыков учащихся, значимыми окажутся другие факторы или весовые коэффициенты. Конечно, вполне можно ожидать, что на разные виды занятий, например с разными целесообразными уровнями стимулирования, распространяются разные требования. Более того, Великобритания отличается от других стран своим весьма специфическим климатом, поэтому в других

географических зонах будут другие особенности создания оптимальных условий. Но базовые уровни комфортности, вероятно, являются более стабильным параметром. Поэтому, например, направление и сила солнечного света в разных регионах могут быть абсолютно разными, что должно учитываться при проектировании окон, но человеческая потребность в достаточной освещенности без прямого, ослепляющего света, должна удовлетворяться везде. Сложнее учитывать культурные различия, которые определяют особенности педагогических подходов или – на более глубоком уровне – влияют на предпочтения/реакции на такие факторы, как цвет.

Обратная сторона вышеописанных ограничений состоит в том, что основываясь на опыте, приобретённом в ходе этого исследования, можно будет результативно проводить дальнейшие исследования по разным типам учебных заведений, например, по средним школам и вузам. Этот подход можно также распространить на другие сферы деятельности, не ограничиваясь системой образования, например, объектами изучения могут стать офисы, дома престарелых и торговые центры [67]. В этом случае было бы целесообразно провести предварительный анализ имеющихся непроверенных данных в целях создания основы для построения гипотез, но сильную зависимую переменную не всегда будет легко найти. Также есть смысл выйти за рамки используемой методологии и перейти к так называемому, экспериментальному подходу, предусматривающему осуществление преобразований на основании полученных результатов исследований и отслеживание их (прогнозируемого и непрогнозируемого) воздействия на ситуацию методами многоярусной триангуляции.

В уже сформированном массиве данных можно выделить подгруппы данных анализа, например, воздействия параметров помещений на показатели учащихся с особыми образовательными потребностями. Интересно также узнать, до какой степени пока субъективные показатели можно превратить в объективные показатели, например, для оценки роли визуальной сложности пространства.

6.4. Важное направление дальнейшей работы

В связи с большим размером выборки и масштабностью эффектов, выявленных в результате этого исследования, есть основания предполагать, что оно создало сильную доказательную базу в подтверждение эффективности примененного подхода. Использование расширенной концептуальной модели «СИН», связанной с МУМ, явно может помочь больше узнать о целостном воздействии среды на человека. Другими словами, важно конструктивно использовать этот перспективный первый шаг для дальнейшего развития таких концептуальных подходов и методов.

Данный проект реализован при поддержке со стороны нескольких организаций. Работа началась в Научно-инновационном центре Солфордского университета силами группы специалистов по проблемам искусственной среды, которая финансировалась Советом Великобритании по инженерно-физическим исследованиям (Engineering and Physical Sciences Research Council / EPSRC) из средств гранта Научного центра инновационного производства и строительства (Innovative Manufacturing and Construction Research Centre /IMRC) (грант № EP/E001882/1). Работа велась во взаимодействии с Городским советом Манчестера, который был «источником» информационного обеспечения разработки основополагающих концепций.

По завершении этой подготовительной работы компания «Найтингейл Ассошиэйтс» (в настоящее время – объединение «АйБиАй») профинансировала более сфокусированное исследование и помогла установить контакт с Советом Блэкпула. Объединение «АйБиАй» также оказала большую помощь в форме независимых консультаций по разработке планов для проекта и практических замечаний по предварительным результатам. Такое экспертное сопровождение проекта было усилено участием группы энергичных и преданных делу международных экспертов. Кроме Совета Блэкпула, большую поддержку оказывали Советы Гемпшира и Илинга. Помощь этих трех административных органов была абсолютно необходима для проведения чисто практической работы со школами и для получения данных по учащимся.

Совет по инженерно-физическим исследованиям профинансировал проект «Сбор полноценных доказательств и проектирование» / «HEAD» (грант № EP/J015709/1), и именно благодаря этому механизму стало возможным выполнение этой работы в полном объеме. Без него и без поддержки всех остальных из вышеназванных сторон реализовать данный проект было бы невозможно, и мы, как группа исполнителей проекта, хотим выразить свою признательность всем участникам этой работы.

В связи с чувствительностью собранных данных и договорённостям о недопустимости их обнародования без разрешения соответствующих сторон, мы не вправе предоставить основополагающие данные.

Приложение А

Таблица А1: Различия в проектировочных параметрах между первой и второй фазой

Принципы проектирования	Параметры/фаза 1	Параметры/фаза 2
Натуральность	Свет	Свет
	Звук	Звук
	Температура	Температура
	Качество воздуха	Качество воздуха
		Связь с природой
Индивидуализация	Возможность выбора[a]	Персонализация
	Адаптивность	Адаптивность
	Связанность[c]	Связанность
Уровень стимулирования	Сложность	Сложность
	Цвет	Цвет
	Текстура[b]	-

[a]Параметр «Возможность выбора» был заменен параметром «Персонализация» для более точного описания его отношения к учащимся.
[b]Параметр «Текстура» был преобразован из показателя, относящегося к открытым пространствам, в новый параметр «Связь с природой», характеризующий элементы учебного класса, относящиеся к натуральным элементам. Он был перенесен в графу «Натуральность».
[c] Один из элементов параметра «Связанность» был исключен («Свободный коридор»), поскольку данные исследований по ориентации в пространстве показывают, что временные элементы могут использоваться как ориентиры.

Таблица А2: Основные различия между моделью воздействия среды на эффективность человеческой деятельности (фаза 1) и моделью воздействия среды на поведение человека (фаза 2)

Параметры	Фаза 1	Фаза 2
Натуральность		
Свет	Ориентация окон помещения	Восемь основных вариантов ориентации
	Площадь остекления/площадь пола	Без изменений
	Максимальное расстояние от остекления	Исключено
	Качество электрического освещения	Без изменений
	Регулируемые солнцезащитные устройства	Наружные солнцезащитные устройства
Звук	Шум с улицы	Без изменений
	Шум внутри здания школы	Без изменений
	Размер и форма (длина/ширина)	Без изменений
	Площадь коврового покрытия помещения	Без изменений
Температура	Количество солнечного тепла	Без изменений
	Регулирование отопления	Без изменений
Качество воздуха	Загрязненный воздух в классе	Без изменений
	Загрязненный воздух в других помещениях	Исключено
	Размер проемов	Без изменений
Индивидуализация		
Возможность выбора/ Персонализация	Варианты проемов	Без изменений
	-	Наличие механической вентиляции
	Это – наш класс!	Выраженная особенность дизайна
	-	Характер оформления
	Качество мебели, приспособлений и оборудования	Без изменений
	Качество стульев и парт	Без изменений
Адаптивность	Размер зоны для занятий детей	Форма также учитывалась
	Изменение конфигурации в соответствии с размером класса	Исключено
	Зоны для вариативных учебных занятий	Без изменений, с учетом возраста учащихся
	Привлекательное (или полезное) пространство, примыкающее к классу	Без изменений
	-	Площадь стен для экспозиций
Связанность	Использование коридоров	Исключено
	Ширина коридоров	Без изменений
	Свободный и позволяющий ориентироваться коридор	Только возможность ориентироваться
	Безопасный и быстрый доступ к другим школьным объектам	Исключено
Уровень стимулирования		
Сложность	Площадь территории школы/численность учащихся	Перенесен на уровень школы
	Площадь здания школы/численность учащихся	Перенесен на уровень школы
	Разнообразие (новизна)	Конкретизирован: относится только к визуальному разнообразию планировки и потолка
	Качество оформления/отделки помещений/территорий	Конкретизирован: относится к визуальному разнообразию оформления / отделки
Цвет	Цвет класса	Конкретизирован: относится к цвету стен и покрытия
	Цвет мебели	Без изменений
	Цвет оформления	Без изменений

Текстура/Связь с природой[a]	Дальний вид	В сочетании с видом переднего плана
	Вид на переднем плане	Исключено
	-	Доступ к природным объектам
	Качество открытой игровой площадки	Перенесен на уровень школы
	Альтернативные формы занятий под открытым небом	Перенесен на уровень школы

[a] Этот параметр перенесен из графы «Уровень стимулирования» в графу «Натуральность».

Список литературы