Учет психофизиологических факторов при реконструкции фасадов школ инновационными воздухоочистительными плитами

И.М. Беленя

Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет (НИУ МГСУ), 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26

АННОТАЦИЯ

Введение. Рассмотрены пространственно-эстетические требования к воздухоочистительным архитектурно-строительным технологиям при реконструкции фасадов школ. Актуальность темы в использовании таких инновационных технологий для учебных зданий, расположенных в непосредственной близости от автомобильных дорог разных категорий, где концентрация загрязняющих воздух веществ от транспортных средств достаточно высокая. Научная новизна исследования — в изучении психофизиологических условий восприятия фасадов школьных зданий с покрывными воздухоочистительными плитами в зависимости от приемов и масштаба окружающей застройки. Цель — обоснование необходимости и возможности применения инновационных воздухоочистительных плит при реконструкции фасадов школьных зданий.

Материалы и методы. Использованы графоаналитические, натурные методы и методы компьютерного моделирования по применению инновационных воздухоочистительных плит школьных зданий. Вопросы взаимодействия фасадных экологических плит (ФЭП) реконструируемых школьных зданий с окружающей средой связаны с поисками их пространственного рисунка и типа масштабирования по отношению к человеку и окружающему пространству.

Результаты. Проанализированы психофизиологические особенности восприятия объектов, расположенных в условиях исторически сложившейся среды с различными ограничениями планировочной структуры. Обнаружены взаимосвязи и закономерности в восприятии воздухоочистительных фасадных плит с учетом смены зрительных впечатлений при движении. Рассмотрены возможности применения микро- и крупнорельефных фасадных структур в зависимости от высоты (этажности) окружающих зданий. Установлены масштабы и композиционные решения экологических модулей с учетом подобранной структуры, рекомендованные для отделки фасадов школ в районах с преимущественной мало- и среднеэтажной застройкой.

Выводы. Применение фасадных воздухоочистительных плит будет способствовать не только оздоровлению окружающей среды, но и повысит ее архитектурные качества.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: школьные здания, реконструкция фасадов, воздухоочистительные плиты, инновации, психофизиологические особенности восприятия, жилая застройка

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ: Беленя И.М. Учет психофизиологических факторов при реконструкции фасадов школ инновационными воздухоочистительными плитами // Строительство: наука и образование. 2019. Т. 9. Вып. 1. Ст. 5. Режим доступа: <http://nso-journal.ru>. DOI: 10.22227/2305-5502.2019.1.5

Taking into account psychophysiological factors when reconstructing facades of schools with innovative air-cleaning panels

Ilya M. Belenya

Moscow State University of Civil Engineering (National Research University) (MGSU),
26 Yaroslavskoe shosse, Moscow, 129337, Russian Federation

ABSTRACT

Introduction. The spatial and aesthetic requirements for the use of air purification architectural and construction technologies in the reconstruction of school buildings facades are considered. The relevance of the use of such innovative technologies is their use for educational buildings located in the immediate vicinity of roads of different categories, where the concentration of air pollutants from vehicles is high enough. The scientific novelty of the research is contained in the study of psychophysiological conditions of perception of school buildings facades covered with air purification panels, depending on the methods and scale of the surrounding buildings.

The purpose and objectives of the study. The purpose of the article is justification of the necessity and possibility of using innovative air purification panels in the reconstruction of school buildings facades. The attention is paid to the analysis of psychophysiological features of perception of objects located in the conditions of historically developed environment with various restrictions of planning structure. The interrelations and regularities in the perception of air purification facade slabs with the change of visual impressions during movement were revealed. The possibilities of using micro — and large-relief facade structures depending on the height (number of floors) of the surrounding buildings are considered.

Materials and methods. There were used graphic-analytical, field and computer simulation techniques in the use of innovative air pollution control boards of school buildings.

Results. The most applicable scales and compositional solutions of ecological modules taking into account the picked up structure recommended for finishing of facades of schools in areas with preferential low — and average building are established.

Conclusions. The use of facade air purification panels will contribute not only to the improvement of the environment, but also will improve its architectural quality.

KEYWORDS: school buildings, renovation of facades, air-purifying panel, innovation, psychophysiological characteristics of perception, residential development

FOR CITATION: Belenya I.M. Taking into account psychophysiological factors when reconstructing facades of schools with innovative air-cleaning panels. *Stroitel'stvo: nauka i obrazovanie* [Construction: Science and Education]. 2019;9(1):5. URL: <http://nso-journal.ru>. DOI: 10.22227/2305-5502.2019.1.5 (rus.).

ВВЕДЕНИЕ

Сегодня к экологическому качеству окружающей среды предъявляются строгие требования, в том числе и с точки зрения применения новых строительных материалов. Особенную известность получили воздухоочистительные структуры, содержащие диоксиды титана, способные под воздействием солнечных лучей очищать воздух от оксидов азота, серы и других вредных примесей. Эти инновационные технологии главным образом необходимы для формирования архитектуры зданий, предназначенных для пребывания детей и подростков.

Направления современного развития зданий школ, построенных еще в прошлом веке и, как правило, являющихся объектами типового строительства, связаны с применением инновационных фасадных элементов. С нашей точки зрения, именно фасадная пластика нуждается в новых подходах по улучшению внешнего вида с помощью «умных поверхностей» [1–8]. В связи с этим определенный интерес представляют зарубежные архитектурно-строительные технологии, которые могут нейтрализовать негативное техногенное воздействие деятельности человека [9, 10].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В настоящем исследовании использованы натурные и графоаналитические методы компьютерного моделирования для определения границ применения инновационных воздухоочистительных плит на фасадах школьных зданий в целях модернизации существующих поверхностей. Вопросы вза-

имодействия фасадных экологических плит (ФЭП) реконструируемых школьных зданий с окружающей средой связаны с поисками их пространственного рисунка и типа масштабирования по отношению к человеку и окружающему пространству.

Необходимо установить правильное взаимодействие пластики, масштаба, пропорций, ритмических и тональных соотношений новых ФЭП с окружающей архитектурой жилой застройки.

Последовательное изменение масштабного строя и ритма навесных ФЭП способствует созданию динамичных каскадных композиций с выявлением движения элементов как по горизонтали, так и по высоте. Поэтому влияние этажности окружающих зданий на средства фасадопластики очевидно. В зависимости от высоты (этажности) предлагаемые фасадные структуры могут быть микро- и крупнорельефными (рис. 1).

Реконструируемые школьные здания [10], как правило, располагаются в исторических районах, характеризующихся стесненными условиями плотной застройки с неширокими улицами, переулками и дворами. Эти сложившиеся много лет назад морфологические и тектонические характеристики окружающей застройки оказывают существенное влияние на композиционные решения ФЭП, рекомендуемых для отделки фасадов школ в районах реконструкции [6].

Рассмотрим психофизиологические особенности человеческого восприятия объектов реконструкции, расположенных в исторической застройке. В такой застройке фасадная пластика раскрывается наиболее полно и несет мощную эмоционально-семантическую нагрузку за счет пространственной

Рис. 1. Влияние этажности окружающих зданий на средства фасадопластики

близости и частой смены зрительных впечатлений при движении. Внезапное раскрытие непрерывного застроечного фронта перед взглядом, скользящим по плоскости школьного участка, вызывает мгновенную перестройку зрительного аппарата с последующей эмоционально-зрительной реакцией на усилия, связанные с перемещением взгляда. При этом образуемые в результате пересечения плоскостей и линий различные изломы и узлы оказывают раздражающее действие на органы зрения, в результате чего глаз отмечает их с точностью в 10 раз большей, чем их плавное искривление. Интересен тот факт, что по сравнению с медленно нарастающим эмоциональным воздействием от увиденного объекта сила физического раздражителя мгновенна. Это означает, что человек способен лучше оценить и запомнить архитектурные детали и их художественные достоинства при приближении к зданию. И, несмотря на то, что в исторических районах давно уже задан новый градостроительный масштаб, переживание человеком ближнего пространства осталось таким же, как и много времени назад. Учет этих психофизиологических закономерностей зрительного восприятия поможет установить необходимые пропорции и размерные параметры фасадных структурных элементов [3].

Известно, что мы воспринимаем любые архитектурные объекты в зависимости от расстояния и под разными углами зрения, при этом глаз вычленяет либо детали, либо считывает этот объект в панорамном окружении. У человека в зависимости от дистанции наблюдения и соответствующих углов зрения возникает чувство замкнутости пространства в большей или меньшей степени. Историческая среда, как правило, имеет замкнутую или полузам-

кнутую периметральную застройку с присущими только ей алгоритмом, ритмометрическим строем, протяженностью и масштабом исполнения зданий, редко превышающих 4–5 этажей [7].

Основная задача заключается в том, чтобы найти правильные пропорции между окружающей жилой застройкой и новыми объемными структурами на фасадах зданий школ, что обеспечит целостность пространственного восприятия. Очевидно, что попытка оценить пространственную среду как связную или целостную зависит и от взаимовлияния главных и второстепенных тектонических элементов. Необходимо помнить, что также требуют уточнения подходы к раскладке этих структур, так как они по-разному воспринимаются непосредственно на фасадной поверхности зданий как по вертикали, так и по горизонтали.

Чтобы понять этот феномен, вспомним метод «визуального поля» психолога Р. Арнхейма, который пригодится для применения мелкоячеистых решетчатых структур, поскольку выявляет роль их вертикальных и горизонтальных компонентов. Например, установлено, что большей значимостью обладают вертикальные объемы, так как человеку свойственно преувеличивать вертикальные расстояния и приуменьшать горизонтальные. И поскольку любая информация, в том числе и архитектурная, должна быть упорядочена, то все элементы архитектурного сообщения необходимо правильно согласовать между собой. Иными словами, типология мелкогабаритных архитектурных элементов не должна быть чрезмерной количественно, так как возможности человека потреблять и перерабатывать архитектурную информацию безграничны и она просто не усвоится. В то же время психике противопоказа-

но однообразие пространственной информации, от этого начинается «простой сознания» и возникает ощущение скуки и утомления [5].

На примере плоскостных композиций рассмотрим несколько примеров с использованием общих принципов нюансного построения ФЭП с учетом влияния сложившейся среды.

ФЭП для зданий школ, расположенных в окружении объектов с ярко выраженным вертикальным пространственным рисунком окон, колонн, пилонов,

пилонов и пр., могут использовать сочетание доминирующих вертикальных композиций ФЭП (рис. 2).

ФЭП для зданий школ, расположенных в окружении объектов с ярко выраженным горизонтальным пространственным рисунком поэтажных тянутых элементов карнизов, перекрытий, подоконных поясов, ленточных окон и пр., могут использовать преимущественно горизонтальные композиционные элементы ФЭП. При этом за модуль может быть взята высота этажа (рис. 3).

Рис. 2. Применение ФЭП с ритмом вертикальных элементов как средства гармонизации фасадов школьных зданий с окружением

Рис. 3. Применение ФЭП с ритмом горизонтальных элементов как средства гармонизации фасадов школьных зданий с окружением

Рис. 4. Применение ФЭП в существующей среде с нелинейными элементами

При выявлении элементов застройки с преимущественным преобладанием нелинейных формообразующих структур композицию ФЭП возможно задать такими характерными архитектурными элементами, как арки, полукруглые проемы, круглые окна и т.д. (рис. 4).

Следует подчеркнуть, что для современной застройки, как правило, характерен смешанный пространственный рисунок различных по формообразованию композиционных компонентов зданий. Например, в нижних этажах фасада четко выражены вертикальные линейные пропорции, в то время как в средней части использованы нелинейные элементы такие, как арки, картуши, проемы и окна округлых очертаний.

В этом случае правомерно использование модульных решеток ФЭП нелинейных форм с ярко выраженной бионикой формообразования, чередуя их расположение на фасаде в соответствии с композицией фасадов окружающей застройки (рис. 5).

Возможности использования ФЭП с сочетанием линейных и нелинейных элементов представляются сегодня поистине безграничными и могут дать широкий простор фантазии архитектора (рис. 6).

Одно из основных условий эффективного восприятия элементов фасадной пластики — расчленение и равномерность расположения этих элементов на доступные порции, поглощаемые сознанием без

чрезмерного усилия. Тогда мы будем говорить, что информация гармонизирована и вызывает целостное впечатление. Конструирование взаиморасположения экологических модулей должно учитывать связи между ними.

В процессе восприятия фасадов на нижнем (партерном) уровне первого этажа предлагаемые новые экологические модули будут оказывать наибольшую степень эмоционального воздействия, если их рисунок будет строиться преимущественно по вертикали. В то же время зона верхнего яруса учебных зданий [2, 5] нуждается в горизонтальной раскладке рисунка покрывных материалов. С целью уточнения типа масштабирования элементов фасадной пластики учебных зданий примем за модульную единицу высоту среднего человека с поднятой рукой, используя так называемый модуль Ле Корбюзье $H = 2,26$ см. Эта единица вписывается в малый масштаб при восприятии пространств и объектов, расположенных в исторической зоне.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Установлено, что малый масштаб в исторической зоне соответствует минимальным расстояниям между фасадами мало- и среднеэтажных жилых домов и составляет около 10–12 м (рис. 7). Для применения объемных элементов малого масштаба могут

Рис. 5. Применение ФЭП в существующей среде с сочетанием линейных и нелинейных элементов

Рис. 6. Примеры фасадных композиций ФЭП, состоящих из сложных решетчатых структур

Рис. 7. Обобщенные схемы применения структур малого масштаба в исторической зоне, соответствующие минимальному расстоянию между фасадами мало- и среднеэтажных жилых домов 10–12 м; 1, 2 — группы объемных структур размером 15–20 до 30–50 см с учетом подобранной фактуры

Рис. 8. *a* и *b* — примеры решетчатых структур, состоящих из геометрически правильных кристаллов-многогранников; *c* — титановая фасадная решетка; *d* — пример использования титановых кристаллических структур при реконструкции фасада школы (фрагмент справа)

быть рекомендованы решетчатые структуры размером 15–20 см до 30–50 см с учетом подобранной фактуры.

Малый масштаб фасадных элементов позволяет создавать регулярные композиции и сетчатые структуры с мелкими членениями на основе равномерного решетчатого ритма. Равномерность ритмического рисунка решетчатых структур достигается симметрией элементов композиции, которая в простейшем случае обеспечивается нерасчлененностью пространственного рисунка. Симметрия в значительной степени упрощает целостное восприятие художественной формы из-за особенностей человеческого организма, когда при движении объект интереса в разворачивающейся перспективе всегда занимает центрально-симметричное положение на сетчатке глаза или в поле зрения. Американский психолог Дж. Гибсон, изучавший вопросы восприятия архитектурных объектов, называет это методом симметриальной стимуляции [4, 11, 17]. Симметричные и подобные фасадные трехмерные структуры воспринимаются завершено и расширяют визуальное поле наблюдателя, так как предлагают избыток архитектурной информации, что позволяет сосредоточить внимание на деталях. В то же время этим объясняется обесценивание деталей в асимметричных фасадных композициях. Эти особенности чувств зрения подтверждались еще в 20-х гг. прошлого века в исследованиях архитектора М. Гинзбурга, который «ритмическое очарование симметричных форм» объясняет психофизиологией обменно-симметричных процессов обоих глаз, образующихся в сознании человека. Симметричный рисунок применяемых архитектурных деталей обладает наиболее целостной и связной формой, чем меньше расстояния между вертикальными или горизонтальными фрагментами элементов и чем больше их формальное подобие [3, 12].

Приведем пример трансляционных решетчатых структур из повторяемых элементов, расположенных

через одинаковый пространственный промежуток вдоль горизонтальной или вертикальной оси координат. Эти элементы решетки могут быть в виде трехмерных ромбов, прямоугольников, квадратов, иметь круглую, овальную или другие формы (рис. 8, а–д).

На рис. 8 показан небольшой фрагмент использования квазикристаллических структур на фасаде одной из московских школ, но такие структуры можно разместить по всей площади стен реконструируемой школы. Эти структуры известны как декоративные модули Prosolve370e и их разработчики из Elegant Embellishments zaproектировали их сомасштабными для человеческого восприятия в условиях мало- и среднеэтажной исторической застройки [1, 11–15].

ВЫВОДЫ

Таким образом, экологические модули (ФЭП), применяемые для восприятия на небольших расстояниях, должны использовать мелкоячеистые пространственные решетчатые структуры с повторяющимся рисунком. Такие воздухоочистительные структуры работают наподобие кристаллических тел и представляют собой пространственные решетки из упорядоченных геометрически правильных квазикристаллов-многогранников, расположенных рядами в строгой последовательности и подчиняющиеся законам симметрии [2, 13, 16, 19].

Предложенные фасадные элементы при реконструкции существующих зданий школ, и в частности расположенных вблизи дорог, способны не только очищать окружающий воздух, но и стать доминирующим элементом окружающего пространства. Учет психофизиологических особенностей восприятия ФЭП поможет повысить композиционные и эстетические характеристики школ по отношению к окружающей территории с преимущественным размещением мало- и среднеэтажных жилых домов.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Ruth-Hirrel L., Wilcox S.* Speech-gesture constructions in cognitive grammar: The case of beats and points // *Cognitive Linguistics*. 2018. Vol. 29. Issue 3. Pp. 453–493. DOI: 10.1515/cog-2017-0116
2. *Ekhina M., Solodilova L.* Exposition-educational centers of national arts and crafts // *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. 2018. Vol. 365. P. 022008. DOI: 10.1088/1757-899x/365/2/022008
3. *Солодилова Л.А.* Утеря визуальной типологии жилых зданий: проблема архитектора? // *Устойчивая архитектура — настоящее и будущее : тез. докл. Междунар. симпозиума, г. Москва 17–18.11.2011*. М. : МАРХИ, группа КНАУФ СНГ, 2011.
4. *Карпова Е.В., Мищенко М.А., Поморов С.Б.* Влияние архитектурной среды на психологическое состояние человека // *Вестник Алтайского государственного технического университета им. И.И. Ползунова*. 2015. № 1–2. С. 212–215.
5. *Borsoi G.* Nanostructured lime-based materials for the conservation of calcareous substrates // *A+BE Architecture and the Built Environment*. 2017. Vol. 8. Pp. 1–202.
6. *Солодилова Л.А., Мавродиева А.В.* Архитектурно-художественные особенности малоэтажного жилища Кубани // *Научное обозрение*. 2015. № 24. С. 16–20.

7. Солодилова Л.А., Балакина А.Е., Беленя И.М. Композиционно-эстетические характеристики фасадных экологических плит в архитектуре учебно-воспитательных зданий // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2016. № 1 (54). С. 20–26.

8. Балакина А.Е., Солодилова Л.А., Беленя И.М. Новые технологии в элементах фасадных конструкций учебных заведений // Научное обозрение. 2015. № 14. С. 33–36.

9. Демин Д.Н., Солодилова Л.А. Функционально-планировочная организация учреждений дополнительного образования и воспитания по месту жительства // Architecture and Modern Information Technologies. 2018. № 2 (43). С. 185–196.

10. Вырва А.Ю., Леонтьев Д.А. Возможности субъективно-семантических методов в исследовании восприятия архитектуры // Культурно-историческая психология. 2015. Т. 11. № 4. С. 96–111. DOI: 10.17759/chp.2015110409

11. Балакина А.А., Шкурко Т.А. Образ города и особенности отношения к другому жителей мегаполиса и крупного города (на примере г. Москвы и г. Ростова-на-Дону) // Северо-Кавказский психологический вестник. 2011. № 9/3. С. 5–9.

12. Коротич А.В. Инновационные решения архитектурных оболочек: альтернатива традиционному строительству // Академический вестник УралНИИпроект РААСН. 2015. № 4. С. 70–75.

13. Коротич А.В. Новые архитектурные формы линейчатых квазимногогранников // Архитектон: известия вузов. 2015. № 2 (50). С. 3.

14. Коротич А.В. Многогранные и решетчатые оболочки в архитектуре и дизайне (Часть 1) // Академический вестник УралНИИпроект РААСН. 2016. № 3 (30). С. 24–29.

15. Надыршин Н.М., Надыршина Л.И. Интерактивные динамические поверхности в городской среде // Архитектура и строительство России. 2018. № 4. С. 84–87.

16. Мелодинский Д.Л. Пропорции и масштаб в архитектуре // АМІТ. 2015. № 1 (30). С. 8.

17. Михайлов С.М., Михайлова А.С. Городской дизайн — дизайн города (Эволюция методов организации предметно-пространственной среды) // Архитектура и строительство России. 2018. № 4. С. 54–61.

18. Викторова Л.А. Человек и архитектура. Создание среды жизнедеятельности // Архитектура и строительство России. 2013. № 1. С. 16–29.

19. Кияненко К.В. Архитектура и безопасность: «Защищающее пространство» Оскара Ньюмана // Архитектурный вестник. 2011. № 5. С. 87–92.

20. Вавилов А.В. На пути решения экологических и энергетических проблем при формировании среды жизнедеятельности // Строительство и реконструкция. 2015. № 3 (59). С. 95–99.

Поступила в редакцию 4 июня 2018 г.

Принята в доработанном виде 25 июня 2018 г.

Одобрена для публикации 29 декабря 2018 г.

О Б АВТОРЕ: **Беленя Илья Максимович** — старший преподаватель кафедры архитектуры, **Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет (НИУ МГСУ)**, 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26, ilya_project@mail.ru

INTRODUCTION

Today, strict environmental requirements are imposed on the environmental quality of the environment, including those in terms of the use of new construction materials. Air purification structures containing titanium dioxide, which are able to purify the air from nitrogen oxides, sulfur and other harmful impurities under the influence of sunlight, have become well-known. These innovative technologies are mainly necessary for the development of the architecture of buildings intended for children and teenagers.

The design of modern development of school buildings built in the last century and, as a rule, being standard construction facilities, are associated with the use of innovative facade elements. From our point of

view, it is the facade plastic panel that need new approaches to improve the appearance with the help of “smart surfaces” [1–8]. In this regard, foreign architectural and construction technologies that can neutralize the negative man-made impact of human activity are particularly interesting [9, 10].

MATERIALS AND METHODS

Full-scale and graphic analytical methods of computer modeling were used in the this study to determine the limits of application of innovative air purifying panels on the facades of school buildings in order to upgrade existing surfaces. The interaction of facade environmentally safe plates (FESP) of the school buildings under reconstruction with the environment is connected with

the search for their spatial pattern and type of scaling with respect to the human being and the environment.

It is necessary to set the correct interaction of plastics, scale, proportions, rhythmic and tonal correlations of new FESP with the surrounding architecture of residential development.

A successive change in the scale of the system and the rhythm of mounted FESP contributes to the creation of dynamic cascade compositions with the identification of the movement of elements both horizontally and in height. Therefore, the influence of the number of floors in the surrounding buildings on facade and plastic panels is obvious. Depending on the height (number of floors), the offered facade structures can be micro- and large-relief (fig. 1).

School buildings under reconstruction [10], as a rule, are located in historical areas characterized by tight working space of dense development with narrow streets, lanes and yards. These morphological and tectonic characteristics of the surrounding buildings that were formed many years ago have a significant impact on the compositional solutions of FESP, recommended for school facades finishing in areas of reconstruction [6].

Consider the psychophysiological features of human perception of facilities under reconstruction, located in the historic development. In such a development, the facade plastic plates are revealed most completely and carry a high emotional and semantic load due to spatial proximity and frequent changes of visual impressions in motion. The sudden opening of a continuous development front before the glance along the plane of the school site causes an instantaneous restructuring of the visual apparatus, followed by an emotional and visual response to the efforts associated with glance

movement. At the same time, various kinks and knots formed as a result of the intersection of planes and lines irritate the organs of vision, as a result of which the eye marks them with an accuracy of 10 times greater than their smooth curvature. It should be noted that, compared with a slowly increasing emotional impact from the facility seen, the force of a physical stimulus is instantaneous. This means that a person is able to better appreciate and remember the architectural constructional materials and their artistic merit when approaching to the building. And, in spite of the fact that in historical areas a new urban planning scale has long been set, the human experience of the near space remains the same as it was a long time ago. Accounting for these psychophysiological patterns of visual perception will help to establish the necessary proportions and dimensional parameters of the facade structural elements [3].

It is known that we perceive any architectural facilities depending on the distance and from different angles of view, while the eye isolates either the details, or reads this facility in a panoramic environment. People, depending on the distance of observation and the corresponding angles of view, have a feeling of a closed space to a greater or lesser extent. The historical environment, as a rule, has a closed or semi-closed building method with an inherent only algorithm, rhythmometric structure, length and scale of building performance, rarely exceeding 4-5 floors [7].

The main task is to find the right proportions between the surrounding residential development and new bulk structures on the facades of school buildings, which will ensure the integrity of space perception. Obviously, an attempt to assess the spatial environment as coherent or integral depends on the interaction of the main and secondary tectonic elements. One should re-

Fig. 1. Influence of the number of floors in the surrounding buildings on facade and plastic panels is obvious.

member that approaches to the layout of these structures also need to be specified, since they are perceived differently directly on the facade surface of buildings both vertically and horizontally.

To understand this phenomenon, we recall the method of the “visual field” of the psychologist R. Arnheim, which is useful for the application of fine lattice structures, because it reveals the role of their vertical and horizontal components. For example, it has been found that vertical volumes are more significant, since it is common for a person to exaggerate vertical distances and to downplay horizontal ones. And since any information, including the architectural one, must be structured, all elements of the architectural message must be properly aligned with each other. In other words, the typology of small-sized architectural elements should not be excessively quantitative, since a person’s ability to consume and process architectural information is not unlimited and it simply cannot be learnt. At the same time, the psyche is contraindicated for the monotony of spatial information, this is the beginning of “simple consciousness” and a feeling of boredom and fatigue arises [5].

Using the example of planar compositions, let us consider several examples using the general principles of nuanced construction of FESP, taking into account the influence of the existing environment.

Facade environmentally safe plates for school buildings, surrounded by facilities with a pronounced vertical spatial pattern of windows, columns, pilasters, pylons, etc., can use a combination of dominant vertical FESP compositions (fig. 2).

Facade environmentally safe plates for school buildings surrounded by facilities with a pronounced horizontal spatial pattern of floor stretched elements of eaves, ceilings, window sills, window bands, etc., can use mainly horizontal composite FESP elements. In this case, the height of the floor can be taken as a module (fig. 3).

When identifying development elements with predominantly non-linear forming structures, it is possible to specify the composition of the FESP by such characteristic architectural elements as arches, semicircular openings, rose windows, etc. (fig. 4).

It is worth emphasizing that, as a rule, a mixed spatial pattern of composite building components of

Fig. 2. The use of FESP with the rhythm of vertical elements, as a means of harmonizing the school buildings facades with the environment

Fig. 3. The use of FESP with the rhythm of horizontal elements, as a means of harmonizing the school buildings facades with the environment

Fig. 4. The use of FESP in the existing environment with nonlinear elements

various shapes is typical for modern development. For example, there are clearly expressed vertical linear proportions in the lower floors of the facade, while in the middle part non-linear elements are used, such as arches, cartouches, openings and windows with rounded outlines.

In this case, the use of modular FESP grills of non-linear shapes with a pronounced shaping bionics, alternating their location on the facade in accordance with the composition of the facades of the surrounding buildings (fig. 5) is lawful.

The possibilities of using FESP with a combination of linear and nonlinear elements seem today to be truly limitless and can give a wide scope to the architect's imagination (fig. 6).

One of the basic conditions for the effective perception of the elements of facade plastic plates is the partition and uniformity of the arrangement of these elements into accessible portions that are absorbed by consciousness without making to much effort. Then we may say that the information is harmonized and provides a perceptual unity. The design of the relative po-

Fig. 5. The use of FESP in the existing environment with linear and nonlinear elements

Fig. 6. Examples of FESP facade compositions, consisting of complex lattice structures

sitions of the environmental modules should take into account the connections between them.

In the course of perception of facades on the lower (ground floor) level of the first floor, the proposed new environmental modules will have the greatest emotional impact if their design is mostly vertical. At the same time, the upper tier area of educational buildings [2, 5] requires a horizontal layout of the pattern of covering materials. In order to clarify the scaling type of elements of the facade plastic plates of educational buildings, we take the height of an average person with a raised hand as a modular unit using the so-called modular Le Corbusier $H = 2.26$ cm. This unit fits into a small scale when perceiving spaces and facilities located in the historical zone

RESEARCH FINDINGS

It was established that a small scale in the historical zone corresponds to the minimum distances between the facades of low and mid-rise residential buildings and is about 10–12 m (fig. 7). For use of small scale volumetric elements, lattice structures 15–20 cm in size to 30–50 cm can be recommended, taking into account the selected texture.

The small scale of the facade elements allows to create regular compositions and lattice structures with small divisions on the basis of a uniform lattice rhythm. The uniformity of the rhythmic pattern of lattice structures is achieved by the symmetry of the elements of the composition, which in the simplest case is ensured by the indivisibility of the spatial pattern. Symmetry greatly simplifies the holistic perception of the artistic form due to the peculiarities of the human body, when moving, an object of interest in perspective always

takes a centrally symmetric position on the retina or in the field of view. American psychologist J. Gibson, who studied the perception of architectural facilities, calls it a method of symmetrical stimulation [4, 11, 17]. Symmetrical and similar facade three-dimensional structures are perceived as complete and broaden the visual field of the observer, as they offer an excess of architectural information that allows you to focus on the details. At the same time, this explains the depreciation of details in asymmetrical facade compositions. These features of the sense of sight were confirmed as early as the 1920s. of the last century in the studies of the architect M. Ginzburg, who explains the “rhythmic charm of symmetric forms” by the psychophysiology of the exchange-symmetric processes of both eyes that form in the human mind. The symmetrical pattern of the applied architectural details has the most complete and coherent form, the smaller the distance between the vertical or horizontal fragments of the elements and the greater their formal similarity [3, 12].

Let us give an example of translational lattice structures of repeated elements located through the same spatial interval along the horizontal or vertical axis of coordinates. These lattice elements can have the shape of three-dimensional rhombuses, rectangles, squares, have round, oval or other shapes (fig. 8, *a-d*).

Fig. 8 shows a small fragment of the use of quasicrystal structures on the facade of one of Moscow schools, but such structures can be placed over the entire area of the walls of the school under reconstruction. These structures are known as the decorative modules Prosolve370e and their designers from Elegant Embellishments have designed them to be human-scale in human-scale, in low- and mid-rise historic development [1, 11–15].

Fig. 7. Generalized layouts for the use of small-scale structures in the historical zone, corresponding to the minimum distance between the facades of low- and mid-rise residential buildings 10–12 m; 1, 2 — groups of volume structures 15–20 to 30–50 cm in size, taking into account the selected texture

Fig. 8. *a* and *b* are examples of lattice structures consisting of geometrically regular polyhedron crystals; *c* — titanium facade grill; *d* — an example of the use of titanium crystal structures in the reconstruction of the school facade (fragment on the right)

CONCLUSIONS

Thus, environmental modules (FESP), used for perception at short distances, should use fine-meshed spatial lattice structures with a repeating pattern. Such air-purifying structures work like crystal bodies and are spatial lattices of ordered geometrically regular quasicrystals-polyhedra arranged in rows in strict sequences and obeying the laws of symmetry [2, 13, 16, 19].

The offered facade elements for the reconstruction of existing school buildings, and in particular those located near roads, can not only purify the surrounding air, but also become the dominant element of the environment. Taking into account the psychophysiological characteristics of the perception of the facade of environmentally safe plates will help improve the compositional and aesthetic characteristics of schools in relation to the surrounding area with the predominant placement of low- and mid-rise residential buildings.

REFERENCES

1. Ruth-Hirrel L., Wilcox S. Speech-gesture constructions in cognitive grammar: the case of beats and points. *Cognitive Linguistics*. 2018; 29(3):453-493. DOI: 10.1515/cog-2017-0116
2. Ekhina M., Solodilova L. Exposition-educational centers of national arts and crafts. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. 2018; 365:022008. DOI: 10.1088/1757-899x/365/2/022008

3. Solodilova L.A. Loss of visual typology of residential buildings: the problem of the architect? *Sustainable architecture — present and future : theses reports of the International symposium, Moscow 17–18.11.2011*. Moscow, Moscow architectural Institute, group KNAUF CIS Publ., 2011. (rus.).
4. Karpova E.V., Mishchenko M.A., Pomorov S.B. The influence of the architectural environment on the psychological state of man. *Bulletin of Altai State Technical University named after I.I. Polzunov*. 2015; 1-2:212-215. (rus.).
5. Borsoi G. Nanostructured lime-based materials for the conservation of calcareous substrates. *A+BE Architecture and the Built Environment*. 2017; 8:1-2-202.
6. Solodilova L.A., Mavrodieva A.V. Architectural-artistic features of Kuban low-rise accommodation. *Scientific review*. 2015; 24:16-20. (rus.).
7. Solodilova L.A., Balakina A.E., Belenya I.M. Compositional and aesthetic properties of facade eco-friendly panels in architecture of educational buildings. *Bulletin of Tomsk State University of Architecture and Construction*. 2016; 1(54):20-26. (rus.).
8. Balakina A.E., Solodilova L.A., Belenya I.M. New technologies in the elements of facade structures of educational institutions. *Scientific review*. 2015; 14:33-36. (rus.).
9. Dyomin D.N., Solodilova L.A. Functional and planning organization of institutions for additional education and upbringing at the place of residence. *Architecture and Modern Information Technologies*. 2018; 2(43):185-196. (rus.).
10. Vyrva A.Yu., Leontiev D.A. The potential of subjective semantic methods in exploring the perception of architecture. *Cultural-Historical Psychology*. 2015; 11(4):96-111. DOI: 10.17759/chp.2015110409 (rus.).
11. Balakina A.A., Shkurko T.A. Image of the city and features of the attitude to other residents of the metropolis and a large city (on the example of Moscow you and Rostov-on-Don). *North Caucasus psychological Bulletin*. 2011; 9/3:5-9. (rus.).
12. Korotich A.V. Innovative solutions of architectural shells: alternative to traditional building construction. *Academic Bulletin of Ural Scientific and research project RAABS*. 2015; 4:70-75. (rus.).
13. Korotich A.V. New architectural forms of ruled quasipolyhedrons. *Architecton: news of universities*. 2015; 2(50):3. (rus.).
14. Korotich A.V. Polyhedral and lattice shells in architecture and design (Part 1). *Academic Bulletin of Ural Scientific and research project RAABS*. 2016; 3(30):24-29. (rus.).
15. Nadyrshin N.M., Nadyrshina L.I. Interactive and dynamic surfaces in the urban environment. *Architecture and construction of Russia*. 2018; 4:84-87. (rus.).
16. Melodinsky D.L. Proportion and scale in architecture. *AMIT*. 2015; 1(30):8. (rus.).
17. Mikhailov S.M., Mikhailova A.S. Urban design-city design (Evolution of methods of organization of subject-spatial environment). *Architecture and construction of Russia*. 2018; 4:54-61. (rus.).
18. Viktorova L.A. Man and architecture. creating a living environment. *Architecture and construction of Russia*. 2013; 1:16-29.
19. Kiyanenko K.V. Arkhitektura safety: "Sami-sayshi space" Oscar Newman. *Architectural Bulletin*. 2011; 5:87-92. (rus.).
20. Vavilov A.V. On the way of solving environmental and energy problems in the formation of the environment. *Construction and reconstruction*. 2015; 3(59):95-99. (rus.).

Received June 4, 2018

Adopted in a modified form June 25, 2018

Approved for publication December 29, 2018

ABOUT THE AUTHOR: **Ilya M. Belenya** — Senior lecturer of Department of Architecture, **Moscow State University of Civil Engineering (National Research University) (MGSU)**, 26 Yaroslavskoe shosse, Moscow, 129337, Russian Federation, ilya_project@mail.ru.