

Баринов Никита Сергеевич

магистрант

2 курс, факультет «Информационное

моделирование в строительстве»

Казанский государственный архитектурно-строительный

университет

Россия, г. Казань

Ашрапов Азат Халилович

Кандидат технических наук, доцент кафедры

«Информационные технологии в строительстве»

Казанский государственный архитектурно-строительный

университет

Россия, г. Казань

**ИНТЕГРАЦИЯ ГЕНЕРАТИВНОГО ДИЗАЙНА И
ПАРАМЕТРИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ
ПЛАНИРОВОЧНЫХ РЕШЕНИЙ ОБЩЕСТВЕННЫХ ЗДАНИЙ**

Аннотация. В статье рассматривается интеграция методов генеративного дизайна и параметрического моделирования для автоматизации выработки планировочных решений общественных зданий с учетом российских нормативных ограничений. На основе анализа отечественного опыта внедрения вычислительного проектирования и ИИ в архитектуре и строительстве предложена формальная методика, включающая формализацию требований СП 118.13330 и СП 158.13330, представление планировок в виде графовых структур, эволюционную оптимизацию по набору KPI (компактность, протяженность путей, функциональные соседства, инсоляция, нормы доступности) и интеграцию с BIM-средой для нормоконтроля. Показаны

типовые сценарии для школ и поликлиник, обозначены организационные барьеры и меры внедрения.

Ключевые слова: *генеративный дизайн; параметрическое моделирование; общественные здания; планировочные решения; BIM; Dynamo; Grasshopper; эволюционные алгоритмы.*

The paper explores the integration of generative design and parametric modeling to automate space planning for public buildings under Russian codes. Based on the review of Russian practice in computational design and AI, a workflow is proposed that formalizes SP 118.13330 and SP 158.13330 requirements, represents layouts as graphs, runs evolutionary optimization across KPIs (compactness, path lengths, functional adjacencies, insolation, accessibility), and connects to BIM-based code checking. Typical scenarios for schools and outpatient clinics are outlined together with organizational barriers and adoption measures.

Keywords: *generative design; parametric modeling; public buildings; space planning; BIM; Dynamo; Grasshopper; evolutionary algorithms; code checking.*

Введение

Сложность планировочных решений общественных зданий (школ, поликлиник, офисных и административных зданий, МФЦ и т. п.) возрастает из-за необходимости одновременно учитывать функциональные процессы, технологические потоки, требования безопасности, доступности, инсоляции и акустики, а также экономические показатели. При традиционном проектировании согласование этих факторов осуществляется итеративно и во многом зависит от опыта архитектора и инженеров. Современные вычислительные методы позволяют формализовать значительную долю этих требований и автоматизировать генерацию вариантов с последующим отбором по заданным критериям.

В России за последние годы сформировался устойчивый интерес к генеративным и параметрическим подходам в архитектуре и строительстве: в вузах и проектных компаниях активно используются связки Grasshopper–Rhino и Dynamo–Revit, ведутся прикладные разработки сервисов автоматической

генерации планировок и цифрового нормоконтроля. Однако системная интеграция этих решений применительно именно к общественным зданиям требует единых методических ориентиров и учета специфики отечественных норм.

Цель работы — предложить практико-ориентированную методику интеграции генеративного дизайна и параметрического моделирования для автоматизации планировочных решений общественных зданий в российских условиях и суммировать релевантный отечественный опыт.

Нормативные ограничения как основа параметризации

Ключевой особенностью российских проектов общественных зданий является жесткая нормативная база. Для целей автоматизации нормы целесообразно переводить в параметрические правила (constraints), проверяемые автоматически на каждом шаге генерации:

- Общие нормы (СП 118.13330): области применения, состав помещений, допустимость размещения функций по этажам (в т. ч. в стилобатах и подземных этажах), требования к эвакуации и инсоляции. Эти положения становятся ограничениями при выборе типов помещений, их площадей, этажности и допускаемых соседств.

- Специальные нормы по типам зданий: для медицинских организаций (СП 158.13330) — поточность, разделение чистых/грязных потоков, ограничения по пересечениям путей, минимизация транспортных плеч и др. Для образовательных учреждений — требования к учебным блокам, спортзонам, столовым, санитарным узлам, доступности, безопасным путям эвакуации.

- Прочие требования: доступность МГН, санитарные и противопожарные расстояния/тамбуры, инсоляция и шумозащита, а также местные регламенты.

Перевод норм в «машиночитаемый» вид предполагает создание библиотеки правил (rulebase) с параметрами (минимальные/максимальные площади, габариты, расстояния, допустимые составы блоков, типовые соседства, исключения). Такая библиотека подключается к движку генерации и модулю нормоконтроля.

Обзор и анализ отечественного опыта

Параметрическое моделирование в практике. В российских публикациях и учебной практике подробно описан переход к визуальному программированию в средах Dynamo–Revit и Grasshopper–Rhino. Показано, как скрипты используют внешние параметры для автоматизации рутинных операций и вариативной сборки сложной геометрии и конструкций; связки применяются и в производственной среде, и в научных исследованиях [1–3].

Генеративный подход и эволюционные методы. Исследования по генеративному проектированию в РФ подчёркивают роль скриптов и алгоритмов, оперирующих исходными данными, и демонстрируют, что объединение информационного (BIM) и параметрических методов возможно на основе генеративной логики и эволюционных вычислений (в т. ч. генетических алгоритмов) [4–6].

Автоматическая генерация планировок (жилищные и градостроительные задачи). В прикладных проектах, близких по постановке к задачам планировки, российские команды развивают сервисы генерации квартирографии и цифрового нормоконтроля (алгоритмическая сборка квартирных планов, соблюдение нормативов площади/инсоляции, проверка документации). Эти наработки методически релевантны и для общественных зданий (как минимум на уровне алгоритмов подбора модульных блоков, графовой оптимизации и проверки правил), что подтверждается практикой отраслевых центров и университетов [7–11].

Параметрические кейсы в архитектурной практике. В отечественной архитектуре активно применяются параметрические инструменты при создании фасадов и модульных систем, показана увязка Grasshopper с расчетными пакетами и BIM-платформами; это демонстрирует готовность индустрии к глубокой цифровой интеграции [12, 13].

Итог: в России сформировалась технологическая база (инструменты, компетенции, первые сервисы), позволяющая перенести успешные подходы

генерации и автоматической проверки с жилищных задач на общественные здания при корректной формализации профильных норм.

Методическая схема интеграции

Предлагается следующий воспроизводимый конвейер (workflow) для автоматизации планировок общественных зданий:

1. Формализация требований. Создание библиотеки правил на основе СП 118.13330 (общие требования к общественным зданиям) и специализированных сводов правил (например, СП 158.13330 для медицинских организаций). Правила представляются в виде ограничений и предикатов, пригодных для автоматической проверки.

2. Параметризация ТЗ и исходных данных. Состав функциональных зон/помещений (тип, минимальная и целевая площадь, кратность/мощность, требуемые соседства/несовместимости, этажность, доступность). Площадные и габаритные ограничения площадки/корпуса, секционность, сетка колонн, инженерные ядра. Нормативные коэффициенты (инсоляция, эвакуация, коридорный коэффициент, доля вспомогательных площадей и т. п.).

3. Представление планировки. Граф-модель: вершины — помещения/кластеры (блоки), ребра — требуемые связи (смежность, расстояние, запреты). Геометрическое ядро — параметрические модули (семейства Revit / блоки Rhino.Inside.Revit) с вариативными размерами.

4. Генерация вариантов. Инициализация: быстрое построение «правдоподобных» планов сидирования (seed) с соблюдением жёстких ограничений. Поиск: эволюционная оптимизация (генетический алгоритм/поиск с запретами) или жадные/локальные методы для перестановки блоков, изменения геометрии модулей, разбиения на зоны.

5. Оценка и отбор (KPI): протяжённость и число пересечений потоков (персонал/посетители/логистика); компактность/компоновочность (отношение полезной/общей площади, «коридорный коэффициент»); выполнение ключевых норм (инсоляция, эвакуационные пути и расстояния, доступность МГН);

структурные метрики графа (центральность, модульность по кластерам функций).

6. Интеграция с BIM и нормоконтроль. Автоматическая сборка варианта в BIM (Revit) через Dynamo/pyRevit/Rhino.Inside.Revit, запуск правил проверки (rule-based check) и генерация отчетов (паспорта помещений, спецификации, схемы путей эвакуации) для экспертизы.

7. Интерактивная работа с проектировщиком. Настройка весов KPI, фиксация принятых решений (lock), ручная коррекция узловых зон, повторная оптимизация по оставшимся степеням свободы.

Примеры постановки: школа и поликлиника

1) Общеобразовательная школа (на 825 учащихся). Входные данные: учебные блоки и мощности, спортзал/пищеблок, административно-хозяйственная зона; параметры участков, сетка несущего каркаса, требования к инсоляции учебных помещений. Ограничения: кластеризация по ступеням обучения; обязательная взаимосвязь классов с санитарными узлами; размещение спортзоны и пищеблока с независимыми входами; пути эвакуации и маршруты доставки питания; шумозащита учебных аудиторий. KPI: доля полезной площади, среднее расстояние «класс—санузел», длина путей эвакуации, коэффициент естественного освещения (для аудитории), компоновочность этажей. Результат: движок генерирует семейства учебных блоков (кластер классов + рекреация), компоную их вокруг ядра коммуникаций; эволюционный поиск минимизирует протяженность коридоров и обеспечивает требуемую инсоляцию. BIM-сборка формирует планы этажей, ведомости и схемы эвакуации для нормоконтроля.

2) Поликлиника (посетителей 500 в смену). Входные данные: состав кабинетов (терапевтические, процедурные, диагностические), санитарно-бытовые помещения, регистратура, вертикальные коммуникации, инженерные ядра. Ограничения: поточность движения (пациенты/персонал/грузы), изоляция потоков стерильных/грязных зон, нормативы радиусов/длин транспортных плеч, санитарные разрывы. KPI:

суммарная длина пациентских маршрутов от входа до ключевых кабинетов, число пересечений потоков, средняя загрузка узких мест, компактность блоков диагностики. Результат: графовая модель отделяет чистые/грязные цепочки, а генетический алгоритм ищет компоновки с минимальными пересечениями потоков. Отчёт нормоконтроля автоматически фиксирует соблюдение правил поточности и эвакуации; планы и экспликации собираются в Revit.

Вопросы внедрения в российской практике

Данные и «машиночитаемые нормы». Критичны качественные библиотеки помещений и правил. Рекомендуется централизованная база параметров и шаблонов семейств, версия-контроль правил (git-репозиторий), трассируемость изменений (сопоставление с релизами редакций СП).

Инфраструктура. Минимально — Revit + Dynamo + Rhino.Inside.Revit/Grasshopper + Python; для поиска — open-source библиотеки (DEAR/pyGAD) или встроенные узлы. Нормоконтроль — собственные правила и отчёты либо интеграция с внешними сервисами.

Процесс. Встраивание в стадию «Эскиз/П» с быстрым перебором альтернатив; на «РД» — фиксация решения и детальная проработка.

Кадры. Нужны «hybrid»-компетенции: архитектор-алгоритмист (ATL), BIM-координатор, специалист по нормам. Для адаптации — внутренние курсы, методички и библиотека примеров.

Риски и ограничения. Часть требований трудно формализовать (контекстные, семантические), возможна переоптимизация под легко измеримые KPI, зависимость от качества исходных данных. Требуется экспертная доводка и прозрачность решений (обоснование выбора варианта в лог-отчётах).

Заключение

Интеграция генеративного дизайна и параметрического моделирования позволяет системно ускорить и повысить качество проектирования планировок общественных зданий в России. Критическим условием является перевод норм СП в формальные правила, графовая постановка задачи, мультикритериальная оптимизация и тесная связка с BIM и цифровым нормоконтролем. Российская

практика уже накопила важные элементы этого стека (параметрическое моделирование в проектных организациях, университетские и отраслевые сервисы генерации и проверки), что обеспечивает благоприятную почву для масштабирования методики на типовые общественные функции (образование, здравоохранение, административные здания, МФЦ).

Использованные источники

1. СП 118.13330.2022. Общественные здания и сооружения: свод правил. [Электронный ресурс]. — URL: <https://docs.cntd.ru/document/351102147> (дата обращения: 12.08.2025).
2. СП 158.13330.2014. Здания и помещения медицинских организаций. Правила проектирования (с изм. № 1–5). [Электронный ресурс]. — URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200110514> (дата обращения: 12.08.2025).
3. Изменение № 5 к СП 158.13330.2014 «Здания и помещения медицинских организаций. Правила проектирования». [Электронный ресурс]. — URL: <https://docs.cntd.ru/document/1311068521> (дата обращения: 12.08.2025).
4. Георгиев Н. Г., Шумилов К. А., Семенов А. А. Визуальное программирование в задачах моделирования строительных конструкций // Инженерно-строительный вестник Прикаспия. 2021. № 4(38). [Электронный ресурс]. — URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vizualnoe-programmirovanie-v-zadachah-modelirovaniya-stroitelnyh-konstruktsiy> (дата обращения: 12.08.2025).
5. Федчун Д. О., Тлустый Р. Е. Сравнительный анализ методов параметрического, информационного и генеративного архитектурного проектирования // Вестник Инженерной школы ДВФУ. 2018. [Электронный ресурс]. — URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sravnitelnyy-analiz-metodov-parametricheskogo-informatsionnogo-i-generativnogo-arhitekturnogo-proektirovaniya> (дата обращения: 12.08.2025).
6. Велижанин И. А. Применение технологий искусственного интеллекта в архитектурной практике // Архитектура и современные информационные технологии (АМИТ). 2025. № 2(71). [Электронный ресурс]. — URL:

https://marhi.ru/AMIT/2025/2kvart25/PDF/21_velizhanin.pdf (дата обращения: 12.08.2025).

7. Институт искусственного интеллекта ИТМО. Системы ИИ для градостроительства: сервис генерации объёмно-планировочных решений (квартирография). [Электронный ресурс]. — URL: <https://iai.itmo.ru/razrabotki/sistemyi-ii-dlya-gradostroitelstva> (дата обращения: 12.08.2025).

8. Urban ITMO. Оптимизация подбора планировок секций (генетический алгоритм). [Электронный ресурс]. — URL: <https://urban.itmo.ru/projects> (дата обращения: 12.08.2025).

9. Правительство Москвы. Искусственный интеллект внедряют в процессы градостроительного планирования (о сервисе «Квартирография»). [Электронный ресурс]. — URL: <https://www.mos.ru/news/item/146450073/> (дата обращения: 12.08.2025).

10. СІРР. «Для решения задач стройотрасли необходимы передовые технологии...»: сервис «Квартирография». [Электронный ресурс]. — URL: <https://cipr.ru/news/dlya-resheniya-zadach-kotorye-stoyat-pered-strojotraslyu-neobhodimyye-peredovyye-tehnologii-i-cifrovyye-instrumenty/> (дата обращения: 12.08.2025).

11. PIK Digital. Нейронные сети в архитектурном проектировании: обзор и эксперименты (HouseGAN/HouseGAN++ и генерация планировок). [Электронный ресурс]. — URL: https://habr.com/ru/companies/pik_digital/articles/861374/ (дата обращения: 12.08.2025).

12. Archi.ru. Параметрические волны (практика применения Grasshopper в российских проектах). [Электронный ресурс]. — URL: <https://archi.ru/russia/97861/parametricheskie-volny> (дата обращения: 12.08.2025).

13. Инженерно-строительный вестник Прикаспия. Исследование этапов развития BIM-технологий в мировой практике и России (обзор).

[Электронный ресурс]. — URL: https://xn--80aai1dk.xn--p1ai/journal/wp-content/uploads/2021/12/isvp_4_38_2021_117-123.pdf (дата обращения: 12.08.2025).

14.ГОСТ Р 7.0.5—2008. Библиографическая ссылка. Общие требования и правила составления. [Электронный ресурс]. — URL: <https://www.ifar.ru/library/gost/7052008.pdf> (дата обращения: 12.08.2025).

15.ЭНИГМА. Требование к оформлению научной статьи. [Электронный ресурс]. — URL: https://enigma-sci.ru/trebovanie_k_oformleniyu/ (дата обращения: 12.08.2025).