

Оржеховская Р. Я., Титов С. С.

**МЕТРИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ В УЧЕБНОМ АРХИТЕКТУРНОМ  
ПРОЕКТИРОВАНИИ**

*Регина Яковлевна Оржеховская*

*кандидат технических наук, доцент*

*e-mail regina@usaaa.ru*

*Сергей Сергеевич Титов*

*доктор физико-математических наук, профессор*

*e-mail stitov@usaaa.ru*

*ФГБОУ ВО «Уральский государственный архитектурно-художественной  
университет», Россия, Екатеринбург*

**METRIC MODELS IN EDUCATIONAL ARCHITECTURAL DESIGN**

*Regina Yakovlevna Orzhekhovskaya*

*Segey Segeyevich Titov*

*Ural State University of Architecture and Art, Russia, Yekaterinburg*

**Аннотация.** *в статье описывается методика обучения компьютерному моделированию в приложении к сравнительному анализу проектов плана территории. Рассматриваются математические модели на основе различных метрик и мер взаимодействия элементов плана.*

**Abstract.** *The article outlines fundamentals of teaching computer modeling applied to comparative analysis of the draft territory plan. Mathematical models based on various metrics and measures of interaction of plan elements are considered.*

**Ключевые слова:** *преподавание компьютерного моделирования, математические модели, генплан, метрика, транспортная сеть, синергетика*

**Keywords:** *teaching computer modeling, mathematical models, urban planning, metrics, transport grid, synergy.*

Компьютерная графика и владение персональным компьютером способствует профессиональному росту студента-архитектора, однако этим не должен исчерпываться арсенал средств информационных технологий: совершенно необходимо овладение основами математического компьютерного моделирования. Это, в свою очередь, формирует компьютерную грамотность современного специалиста. в настоящее время, в связи с объективной востребованностью, возникает необходимость разработки и внедрения в учебный процесс бакалавров и магистров направлений «Архитектура» и «Градостроительство» курсов с применением математических моделей и методов, в том числе основанных на метрических соотношениях изучаемых и проектируемых объектов [1, 2, 3]. Особенностью предлагаемого подхода является соединение методической составляющей с проектной и научной значимостью, что удаётся сделать на основе современных информационных компьютерных технологий. Это особенно важно при обучении магистрантов, поскольку в требования к их учебному процессу включается и научная деятельность.

На занятиях по дисциплинам «Современные компьютерные технологии», «Современные информационные технологии в архитектуре», «Математическое моделирование в архитектуре и градостроительстве» студентам УрГАХУ предлагается освоить целый набор моделей, позволяющих количественно оценить и сравнить различные варианты проектных решений, с внедрением основанных на этих моделях методиках в учебное проектирование [4, 5, 6].

При проектировании, в том числе учебном, комплекса зданий или реконструкции уже имеющегося комплекса — промышленного предприятия, микрорайона — большое внимание уделяется разработке или совершенствованию генерального плана, а в масштабах объекта типа здание или сооружение изначально при проектировании или реконструкции является его план. На этом этапе закладываются основы композиции объекта, удобство его эксплуатации, взаимодействие с окружающей средой, транспортные связи и т. п., а также другие метрические характеристики, связанные, например, с его восприятием (пропорции,

членения) [7, 8]. Весьма важным при этом являются вопросы, связанные с эффективностью использования территории как с точки зрения реализации текущего проектного решения, так и возможного будущего развития. Методической проблемой является обучение студентов-архитекторов и градостроителей научно обоснованному подходу к оценке взаимного влияния и воздействия компонентов проектируемого или изучаемого объекта в терминах далеко-близко, сильно-слабо, свободно-тесно и т. п. Общеупотребительными показателями такого рода среди многих других показателей, характеризующих в том числе и генплан, являются плотность застройки и компактность. Здесь можно подробно обсуждать необходимость показателя в форме безразмерного параметра и добиваться понимания связи этих параметров с понятиями эффективности в различных её трактовках [9]. Однако необходимо отметить, что «эффективность использования территории» весьма многоплановое и неоднозначное понятие. Одним из аспектов здесь, характеризующим как раз неэффективность использования территории, является т. н. отчуждение — степень отторжения рассматриваемым объектом примыкающей территории, ограничение или даже исключение возможности ее свободного использования. Понятно, и это необходимо донести до обучающихся, что вышеуказанные показатели являются далеко не исчерпывающими. в частности, они не учитывают такие влияющие на степень отчуждения факторы, как взаимное расположение зданий комплекса друг относительно друга или границы землеотвода, ограничения транспортной сети при городском планировании, поворот планировочных осей и многое другое. Так, для планов, изображенных на рисунок 1 (а, б, в), эти показатели одинаковы, хотя сами планы в интересующем нас аспекте безусловно различаются. Интуитивно, до какой-либо количественной оценки, очевидно, что план на рисунке 1б создает меньшее отчуждение (оставляет больше свободной площади), чем план на рисунке 1а, а план рисунке 1а, в свою очередь, меньшее, чем план рисунке 1в.

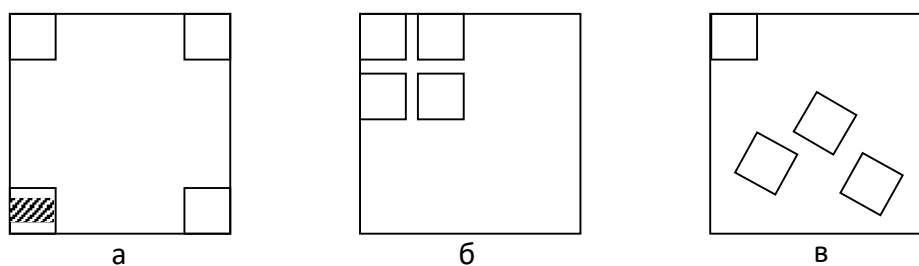


Рисунок 1 — Модельные варианты проектируемых планов

Более того, даже для одного здания особенности его конфигурации, не отражаемые показателями плотности и компактности, могут вылиться в существенно различное влияние на примыкающую территорию. Подобный пример приведен на рисунке 2 (у показанных конфигураций значения площади и периметры одинаковы).



Рисунок 2 — Особенности конфигурации здания

Основной посылкой предлагаемой модели, используемой в учебном проектировании, является следующее очевидное соображение: территория, расположенная близко от застройки, более зависима от нее, чем территория удаленная. Вплотную к имеющейся застройке построить ничего нового нельзя (конечно, речь не идет о каких-то технических или вспомогательных элементах инфраструктуры). Близость здания сковывает, чем больше расстояние от здания, тем легче разместить там что-то новое. Здесь уместно провести со студентами обсуждение и критику «точечной» застройки, что обретает конкретику с соответствующими архитектурными ссылками. Иными словами, возможность функционального использования территории растет по мере удаления от имеющейся застройки. Это качественная оценка ситуации.

Количественная же оценка будет основана на численном представлении возможности (понимаемой здесь достаточно широко, в том числе и в вероятностном аспекте) использования территории, примыкающей к какой-либо застройке. с этой целью для каждой точки  $M(x,y)$ , внешней по отношению к рассматривае-

мой застройке, введён показатель: коэффициент отчуждения  $K = K(x, y)$ . Этот показатель для каждой точки плана  $M(x, y)$  характеризует степень отчуждения или «обесценивания» с точки зрения возможности (или вероятности) ее использования (т.е. по сути является величиной, обратной для такой возможности). Коэффициент отчуждения принимает максимальное значение, равное 1, на наружном контуре зданий и быстро убывает по мере удаления от контура.

Это допускает также и такую вероятностную интерпретацию: коэффициент отчуждения можно рассматривать как отражение зависимости между расстоянием от застройки и вероятностью необходимости использования именно этой территории. Чем ближе к застройке, тем более вероятно, что эта территория потребуется для развития. в этом случае коэффициент отчуждения трактуется именно как подобная вероятность. Такая трактовка является параллельной (или дополнительной) к концепции отчуждения. Разница между ними, по сути, чисто терминологическая: в первом случае (отчуждение) существующая застройка рассматривается как помеха для нового, во втором — как начало, которое может иметь продолжение. Однако методически использование различных трактовок очень полезно. Имеются определенные (в том числе вероятностные) основания считать эту величину экспоненциально убывающей с расстоянием, которое может пониматься в различных метриках, т.е. при различных способах задания расстояний. Кроме евклидовой метрики (т.е. по воздушной линии, как говорят архитекторы) в учебных материалах по отчуждению и габаритности может быть несколько вариантов рассмотрений — одномерная, двумерная (евклидова) и двумерная (ортогональная), причём используемые численные алгоритмы — совершенно разные.

Здесь необходимо отметить, что проблему оценки отчуждения примыкающих территорий можно рассматривать в самых различных масштабах (поэтому необходимо использование безразмерных величин, в том числе обезразмеривание можно осуществлять, приводя величины к характерным размерам — модулям). Например, с одной стороны, при проектировании нового населенного пункта (вплоть до города), с другой — встраивания в уже имеющуюся застройку

(реконструкция предприятия, освоение неудобий и т. п.). Во всех этих ситуациях предложенная зависимость вполне «работает» и может быть гибко подстраиваема под конкретную задачу учебного процесса. Соответственно, величина модуля может изменяться в достаточно широких пределах. Для промышленности обычно, в зависимости от отрасли, применяют 250, 500 м. Для гражданского строительства — 100 м. Для интерьерных задач, в которых расстояния до границ свободных площадей малы, можно использовать линейную функцию расстояния вместо экспоненциальной, и тогда полученные характеристики называются габаритностью, а не отчуждением. Таким образом, общий подход с использованием метрических характеристик может быть применён при обучении разных специальностей архитекторов и градостроителей посредством соответствующего изменения масштаба [10].

Численный алгоритм вычисления величины отчуждения удобен для использования в процессе рассмотрения проектных вариантов, его компьютерная реализация особенно проста в частном важном случае, когда контуры всех зданий представляют собой многоугольники со сторонами, параллельными координатным (планировочным) осям. Это позволяет студентам лучше освоить компетенции, связанные с математическим и компьютерным моделированием в проектной деятельности, с BIM-технологиями.

Применением метрических методик в учебном проектировании является также рассмотрение и вычисление такой величины как функциональная связность многофункционального интерьера, характеризующая синергетическое взаимодействие его компонент.

Студенты должны понимать, что во многих ситуациях возможны радикальные изменения назначения объекта вследствие его модернизации или перепрофилирования производства или другого вида деятельности. Необходимую для этого гибкость планировки следует предусматривать заранее при проектировании или же привносить при реконструкции.

Встает вопрос количественной оценки планировки на гибкость, т. е. возможность использовать ее для различных целей и разнообразного оборудования.

Конечно, существуют очевидные случаи: большие пролеты в плане универсальности предпочтительней маленьких; квадратная или близкая к ней прямоугольная форма перспективней в этом плане, чем планировка с изломами и т. д. Но как сравнить сетки колонн 9x9 и 6x12 или 6x6 и 4x9 — ситуации, часто встречающиеся на практике?

Количественная оценка гибкости планировочной структуры многоцелевого назначения важна с точки зрения оптимального использования проектных площадей. Получение такой оценки предполагает построение математической модели, учитывающей структурные особенности планировки. Естественно предположить, что оцениваемая гибкость связана с уровнем простоты размещения оборудования и «внутренней логистики», т. е. возможности перемещения различных функциональных объектов. Это, в свою очередь, определяется наличием и размерами участков, допускающих многовариантное (без привязки к конкретным размерам) размещение и максимально простое перемещение/взаимодействие объектов. Чем больше площадь таких участков, тем выше функциональная гибкость планировки.

Далее, очевидно, что важны не только размеры помещения, но и его форма, скажем, наличие изломов и пр., а также препятствий, например, в виде колонн или внутренние стены. Рассмотрим ситуации, представленные на рисунке 3 (а, б, в). Показаны возможные размещения в плане некоторого модуля оборудования А. Видно, что наличие дополнительного участка на рисунке 3б ничего не добавляет к возможностям размещения. Наличие препятствия (колонны) на рисунке 3в существенно снижает их количество (например, невозможно размещение в положение перечеркнутого прямоугольника).

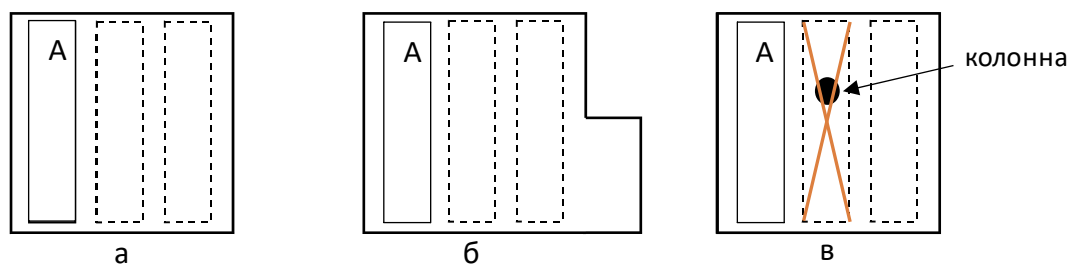


Рисунок 3 Варианты размещения оборудования

а — прямоугольник; б — прямоугольник с выступом; в — препятствие (колонна)

Связанность точек можно интерпретировать так: это точки, которые могут одновременно принадлежать размещаемому объекту, математическое выражение этого вероятностного отношения позволяет применить метрический подход и в этой задаче.

Такая интерпретация означает, что возможность одновременной принадлежности точек одному объекту определяет их взаимодействие как количественная оценка вероятности такой принадлежности с учетом вероятности применения оборудования соответствующих размеров.

Величины, основанные на рассмотренных выше метрических показателей (планировочный потенциал, функциональная связанность планировки) важны не сами по себе (эти значения достаточно условны), а как критерий для сравнения различных планировок, построенный на отношении «больше–меньше», что даёт методическую основу для сравнения вариантов при учебном проектировании. Такое выполнение учебного проекта даёт возможность перейти в устойчивую профессиональную компетенцию в области математического моделирования и информационных технологий. Итак, разработанная методика может быть адаптирована под разные задачи учебного архитектурного и градостроительного проектирования.

### *Список литературы*

1. Форрестер, Дж. Динамика развития города / Дж. Форрестер Москва : Прогресс? 1974. Текст: непосредственный.
2. Титов, С. С. Проблемы интеграции математических методов в архитектурное проектирование / С. С. Титов // Архитектон: известия вузов. – 2013. – № 41. – URL: [http://archvuz.ru/2013\\_1/2](http://archvuz.ru/2013_1/2) Текст: электронный.
3. Горнева, О. С. Математические методы и модели в архитектуре (на примере учебного архитектурного проектирования) : дис. ... канд. архитектуры : 05.23.20 / О. С. Горнева. – Н. Новгород., 2010. – 132 с. Текст: непосредственный.



4. Зайцев, В. Ф. Математические модели в точных и гуманитарных науках / В. Ф. Зайцев. – Санкт-Петербург : Изд-во библиотеки Акад. наук, 2006. – 112 с. Текст: непосредственный.
5. Зигель, К. Структура и форма в современной архитектуре / К. Зигель; пер. с нем. Г. М. Гольденберга; под ред. В. Г. Гроссмана, А. И. Серебряной. – Москва : Стройиздат, 1963. – 267 с. Текст: непосредственный.
6. Коротич, А. В., Геометрическое конструирование архитектурных форм с заданным контуром / А. В. Коротич // Известия ВУЗов. Строительство и архитектура. 1990. № 2. С. 57–62. Текст: непосредственный.
7. Фирсов, А. И. Архитектурная теория множеств. Теоретико-множественные методы в архитектурном и градостроительном проектировании: учебное пособие / А. И. Фирсов. – Москва : Ладья, 2000. – Вып. 1. – 64 с. Текст: непосредственный.
8. Бояркина, М. Г. Количественный анализ промышленной территории как метрического пространства / М. Г. Бояркина // Известия ВУЗов. Строительство и архитектура. – 1987. – № 10. – С. 48–52. Текст: непосредственный.
9. Оржеховская, Р. Я. Математическое моделирование архитектурных ситуаций в предпроектной стадии / Р. Я. Оржеховская. Текст: непосредственный // Тезисы докладов международной научной конференции «Компьютеры в строительстве и архитектуре». Берлин, 1995. – С. 67.
10. Холодова, Л.П. Синергетически-планировочный анализ региональной урбанизации / Л. П. Холодова. Текст: электронный // Архитектон. Известия вузов. – 2007. – № 19. – URL: [http://archvuz.ru/numbers/2007\\_3/ta1](http://archvuz.ru/numbers/2007_3/ta1).
11. Горнева, О. С. Информационно-сигнальный анализ систем пропорций в архитектуре и изобразительном искусстве / О. С. Горнева, Р. Я. Оржеховская. Текст: электронный // Архитектон. Известия вузов. – 2013. – № 4 (44). – URL: [http://archvuz.ru/2013\\_4/11](http://archvuz.ru/2013_4/11).
12. Пахомова, В. И. Численный анализ открытых пространств / В. И. Пахомова, С. С. Титов. Текст: электронный // Архитектон. Известия вузов. – 2019. – №4 (68). – URL: [http://archvuz.ru/2019\\_4/10](http://archvuz.ru/2019_4/10).

13. Холодова, Л. П. Манхэттенский код / Л. П. Холодова, С. С. Титов.  
Текст: электронный //Архитектон. Известия вузов. – 2018. – № 4 (64). –  
URL: [http://archvuz.ru/2018\\_4/8](http://archvuz.ru/2018_4/8).

УДК [378:62]:[378.147:004]

Прокубовская А. О., Грибова Т. С.

## **ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ПОДГОТОВКЕ ИНЖЕНЕРОВ- ТЕХНОЛОГОВ В УПРАВЛЕНЧЕСКИЙ РЕЗЕРВ**

*Алла Олеговна Прокубовская*

*кандидат педагогических наук, доцент*

*alla.prokubovskaya@rsvpu.ru*

*Татьяна Сергеевна Грибова*

*магистрант*

*tanusha1979@mail.ru*

*ФГАОУ ВО «Российский государственный профессионально-педагогический  
университет», Россия, Екатеринбург*

## **DIGITAL TECHNOLOGIES IN PREPARING ENGINEERING TECHNOLOGIES IN MANAGEMENT RESERVE**

*Alla Olegovna Prokubovskaya*

*Tatyana Sergeevna Gribova*

*Russian State Vocational Pedagogical University, Russia, Yekaterinburg*

*Аннотация.* в статье рассматривается подготовка инженеров-технологов промышленных предприятий для назначения на вышестоящие управленческие позиции. При этом активно привлекаются цифровые технологии.

*Annotation.* The article discusses the training of industrial process engineers for appointment to senior management positions. At the same time, digital technologies are actively involved.