

6. Дмитриева, К.В. Контактная задача для штампа на упругом клине со свободными границами / К.В. Дмитриева // Вестник БНТУ. – 2010. – №4. – С.24-29.
7. Дмитриева, К.В. Расчет нелинейно-упругой гибкой стенки в упругом основании: автореф. дис.... канд. техн.наук: 05.23.17 / К.В. Дмитриева; Бел. нац. техн. ун-т. – Минск, 2017. – 26 с.
8. Еврокод 2. Проектирование ЖБК. Часть 1-1. Общие правила и правила для зданий: ТКП EN 1992-1-1-2009\*. – Введ. 10.12.2009. – Минск: Мин-во арх-ры и стр-ва РБ, 2010. – 191 с.
9. Рак, Н.А. Расчет и конструирование сборных железобетонных конструкций многоэтажного каркасного здания: уч.-метод. пособие по вып. курс. проекта по дисц. «Строит., железобет. и кам. кон-ции» для ст-в сп-стей стр. профиля / Н.А. Рак [и др.]. – Минск: БНТУ, 2012. – 96 с.
10. Возведение строительных конструкций, зданий и сооружений. Основные требования: ТКП 45-1.03-314-2018. – Введ. 06.02.2018. – Минск: Мин-во арх-ры и стр-ва РБ, 2018. – 124 с.

УДК 725.381.3

## **РАЗРАБОТКА ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫХ АРХИТЕКТУРНО-ПЛАНИРОВОЧНЫХ РЕШЕНИЙ ПОДЗЕМНЫХ ПАРКИНГОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КОМПЛЕКСНОЙ СРЕДЫ AUTODESK REVIT**

Титкова Т. С.

**Введение.** Энергосбережение с каждым годом становится все более актуальной проблемой мирового масштаба. В современном мире условием сохранения и развития цивилизации стало обеспечение человечества достаточным количеством топлива и энергии при все возрастающих материальных и духовных потребностях людей, сложности экологических проблем [1]. Ограниченность запасов традиционных топливно-энергетических ресурсов заставила обратиться к энергосбережению как к одному из основных элементов современной концепции развития мировой энергетики.

Энергосбережение означает переход к энергоэффективным технологиям во всех отраслях экономики. Проблемы энергосбережения актуальны и решаются во всех странах. Но при общем содержании конкретные способы и пути решения диктуются национальными, социально-экономическими особенностями и условиями каждой страны.

В Республике Беларусь несколько лет назад была осознана необходимость энергосбережения, что было возведено в ранг государственной политики. Среди приоритетных задач – энергосбережение в строительстве, поскольку именно строительный комплекс является одним из самых активных потребителей энергии в нашей стране (доля энергопотребления достигает 40 %). Концепцией развития строительного комплекса Республики Беларусь на 2011–2020 годы предусмотрены основные направления, в которых особое внимание уделено мероприятиям, обеспечивающим снижение энергопотребления как в процессе возведения и эксплуатации зданий и сооружений, так и в процессе производства строительных материалов и конструкций [2].

Возможностей экономии энергии в строительной отрасли великое множество. Наиболее перспективным направлением в решении данной проблемы явля-

ется переход к строительству энергоэффективного жилья. Однако значительное сбережение энергоресурсов может быть достигнуто и с помощью строительства подземных зданий и сооружений.

**Энергоэффективность подземных объектов.** Опыт освоения подземного пространства свидетельствует об успешном экономическом использовании энергии и тепла. За рубежом именно на этот фактор указывают как на основную предпосылку активного использования подземного пространства.

Подземные сооружения характеризуются тепловой инерцией и постоянством температурно-влажностных параметров воздуха. Именно с этим связано одно из главных достоинств подземных сооружений — меньшие расходы тепла на отопление и кондиционирование воздуха по сравнению с наземными зданиями и сооружениями. Экономии энергии в подземных объектах отмечают практически все зарубежные публикации. Действительно, постоянство тепло-влажностных условий в подземных выработках и меньшая их зависимость от внешней среды упрощают системы отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха.

У подземных сооружений есть ряд других важных характеристик, которые выгодно их отличают от объектов, расположенных на земной поверхности: минимальное воздействие на окружающую среду, стабилизация экологической обстановки на урбанизированных территориях, несущественные затраты на внешнюю отделку и эксплуатацию, значительно большие (200–500 лет) сроки эксплуатации, чем у зданий и сооружений на поверхности [3].

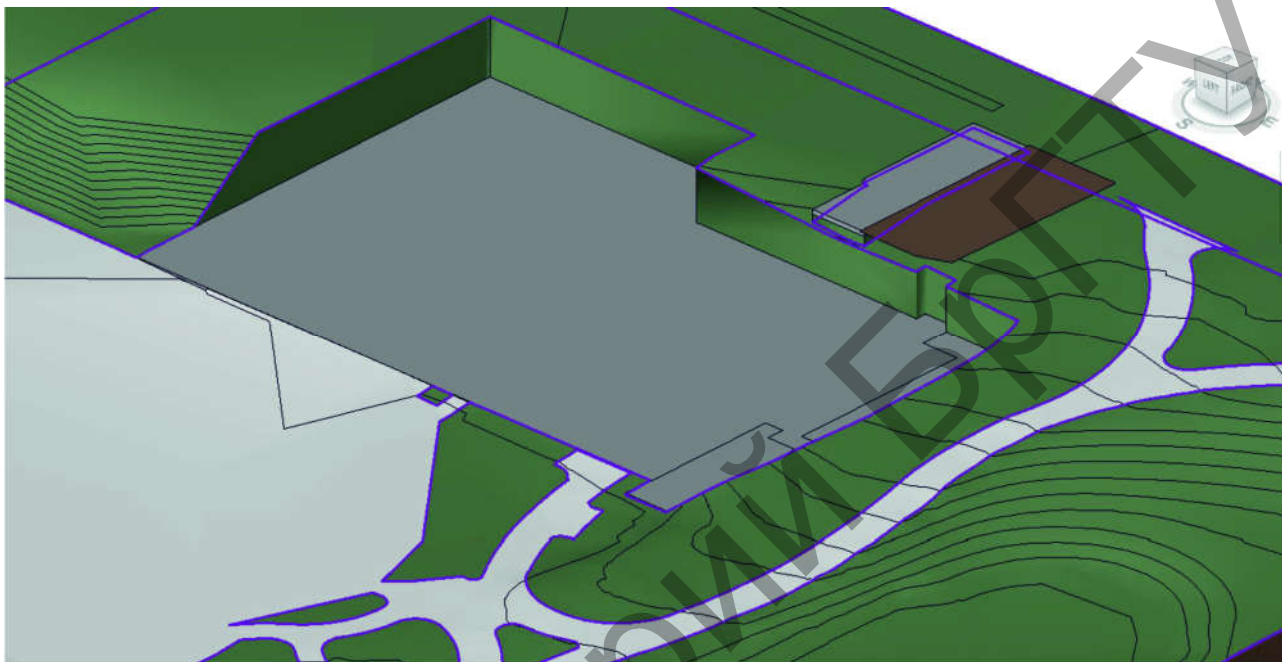
Итак, эффективность использования подземного пространства и окупаемость капитальных вложений в подземное строительство (по сравнению с наземным) достигается за счет экономии и рационального использования городской территории, сокращения эксплуатационных расходов и экономии топливно-энергетических ресурсов и уменьшения протяженности инженерных коммуникаций.

**Разработка энергоэффективных архитектурно-планировочных решений подземных паркингов средствами Autodesk Revit.** Одним из приоритетных направлений комплексного освоения урбанизированных территорий является строительство подземных сооружений транспортного назначения. Актуальность строительства подземных паркингов не вызывает сомнения, поскольку для крупных городов проблема хранения автотранспорта на внеуличных территориях решается уже не одно десятилетие и существует большой мировой опыт позитивного решения данных задач, удобного для автомобилистов и пешеходов, и при этом коммерчески успешного.

Подземный паркинг — это сложное инженерное сооружение, при проектировании которого необходимо выполнить ряд общих требований. Это безопасность, технологичность, хорошая гидроизоляция, наличие ряда инженерных систем, обеспечивающих микроклимат (вентиляция и контроль загазованности), а также пожаротушения и дымоудаления, связи, освещения. Кроме того, обязательными требованиями являются экологическая безопасность и энергоэффективность сооружения.

Одна из важнейших характеристик площадки, выбранной для строительства подземной парковки, оказывающая влияние на выбор оптимального объемного

и архитектурно-планировочного решения – рельеф местности. В зависимости от рельефа подземные паркинги могут быть заглубленными, полузаглубленными и врезанными в склоны. Программа Autodesk Revit позволяет более полно учитывать существующий рельеф, поскольку большая часть проектируемого здания находится под землей. Посадка здания на смоделированный рельеф значительно сокращает объемы земляных работ (рисунок 1). Быстрый анализ в Revit Architecture позволяет выбирать наиболее экономичный вариант.



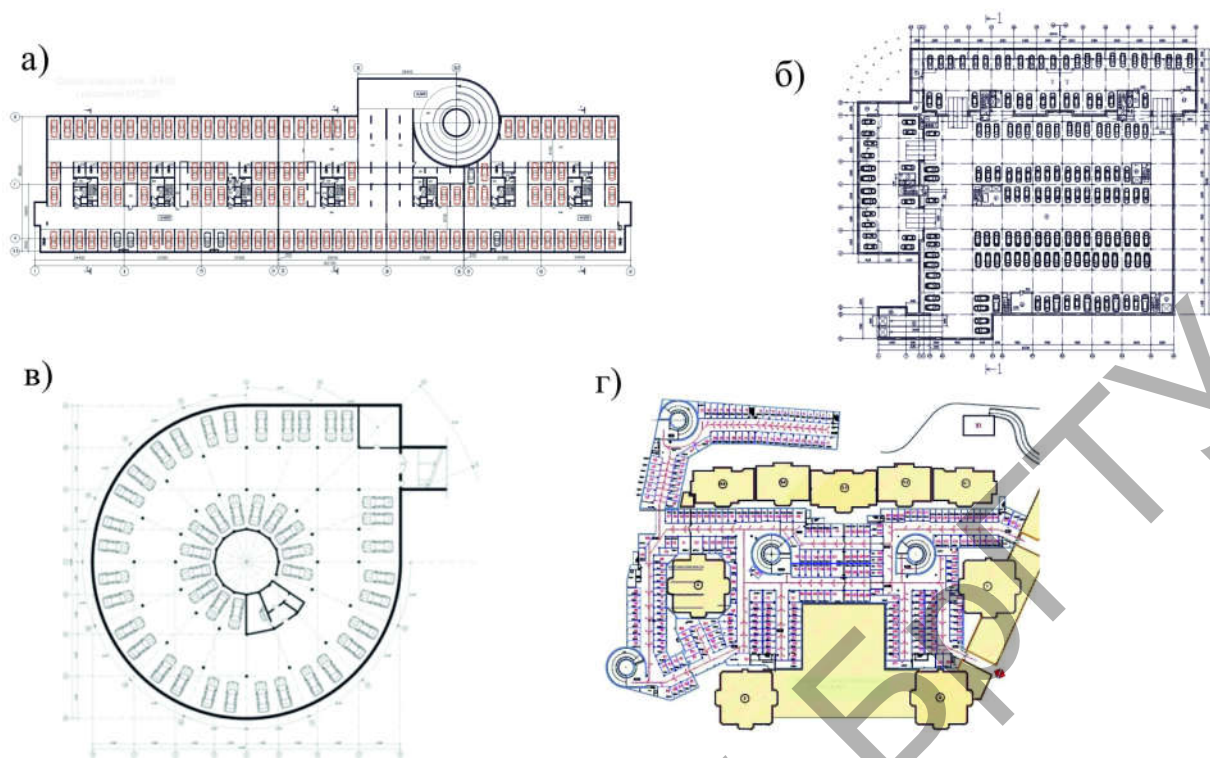
*Рисунок 1 – Пример создания рельефа в Autodesk Revit*

На выбор объемно-планировочного решения подземных парковок влияют следующие факторы:

- размещение их в городской застройке (встроенные, пристроенные, отдельно размещаемые, комбинированные);
- этажность (одно-, многоэтажные);
- способ междуэтажного перемещения (рамповые, механизированные и автоматизированные; разновидностью рамп являются аппарели);
- организация хранения (манежный тип, боксовый, комбинированный, ячейковый);
- вместимость и др.

Все они связаны с разработкой общей архитектурно-планировочной концепции здания, его формы, выбором конструктивных решений. Планировочная схема должна обеспечить быструю постановку автомобилей на стояночные места и вывод их на поверхность земли. При этом должны быть предусмотрены достаточные размеры стояночных мест, проездов, въездов и выездов, высота этажей и другие параметры.

Типологическая схема паркинга может быть линейной, зальной, круговой или сложной конфигурации (рисунок 2).



а – линейная; б – зальная; в – круговая; г – сложной конфигурации  
**Рисунок 2 – Типологические схемы подземных паркингов**

Инструмент Revit "Концептуальные формы" позволяет разработать любой по сложности объем паркинга и создать его 3D-модель. Далее на основе "формы" можно автоматически построить ограждающие конструкции для придания реалистичного облика. Принятые архитектурные решения должны быть направлены на максимальное использование положительного и нейтрализации отрицательного воздействия наружного климата на тепловой баланс здания.

На стадии концептуального проектирования в среде Autodesk Revit можно создавать формообразующие элементы для изучения идей проектирования и выполнения анализа энергоэффективности архитектурных решений на ранних этапах. Комплексная среда Autodesk Revit позволяет архитекторам быстро преобразовывать концептуальные 3D-модели в аналитические для проведения комплексных исследований энергоэффективности будущего здания. Одновременно с изменениями архитектурной концепции соответствующим образом меняется и аналитическая модель. Благодаря этому возможно непрерывное проведение анализа энергетической и экологической эффективности для сравнения различных вариантов конструкции [4]. На более поздних этапах проект содержит более подробную информацию о конкретных типах стен, перекрытий и других строительных элементов. Выполнение энергетического анализа через регулярные промежутки времени во время процесса проектирования гарантирует, что модель здания использует энергоэффективные стратегии.

Используя средства анализа, основанные на облаках точек, можно сравнивать прогнозируемый уровень энергопотребления и затраты на жизненный цикл альтернативных вариантов непосредственно в Revit Architecture. Наглядные отчеты, формируемые программой, позволяют донести результирующую информацию в простом и понятном виде. Подобный комплексный анализ помогает проектировщикам принимать более обоснованные решения на ранних стадиях,

когда любые изменения обходятся наиболее дешево. Revit позволяет видеть все критические места, наглядно показывает, где можно эффективно использовать пространство. После выполнения расчета энергопотребления с использованием концептуальных формообразующих элементов можно выполнить дополнительный анализ для определения последствий изменения.

Autodesk Revit – междисциплинарная программа, обеспечивающая высокий уровень совместной работы специалистов. Изменения в архитектурно-планировочных решениях в результате анализа энергоэффективности здания оказывают влияние на проектирование его конструктивной системы и систем вентиляции и освещения. 3D-модели всех систем строятся на основе 3D-модели объемно-планировочного решения паркинга, что позволяет выработать эффективную технологию строительства и точно определить требуемое количество материалов.

**Заключение.** Развитие подземного строительства является важным шагом на пути формирования энергоэффективной и комфортной городской среды. При этом реализация ресурсосберегающих мероприятий еще на стадии проектирования подземных сооружений может дать еще больший положительный эффект.

#### Список цитированных источников

1. Вяземская, А. Энергосберегающие технологии в строительстве // Строительство и недвижимость [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.nestor.minsk.by/sn/1997/48/sn74806.html>.
2. Краткий анализ нового законодательства в области энергосбережения [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://infopedia.su/13xbc82.html>
3. Алпатов, С. Преимущества подземного строительства с точки зрения энергоэффективности // Федеральный строительный рынок [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://fsr-stroy.ru/archive/10883>.
4. Сеть знаний Autodesk [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://knowledge.autodesk.com>.

УДК 624.04.681

## РАСЧЕТ НА УСТОЙЧИВОСТЬ В СРЕДЕ PTS MathCAD СТЕРЖНЕВЫХ СИСТЕМ ПОВЫШЕННОЙ ДЕФОРМАТИВНОСТИ МАТРИЧНЫМ МЕТОДОМ ДЕФОРМАЦИЙ

Уласевич В. П.<sup>1</sup>, Каковко В. И<sup>2</sup>

1. Постановка задачи. В современных условиях при проектировании наметилась тенденция на использование несущих каркасов, решетчатых систем, составленных из *прямолинейных* стальных тонкостенных холодногнутых профилей (СТХП) обладающих повышенной деформативностью. Их расчетные модели, находящиеся в *исходном состоянии* устойчивого равновесия, становятся чувствительными к внешним воздействиям.

<sup>1</sup> Уласевич Вячеслав Прокофьевич – канд. техн. наук, доцент, профессор кафедры строительных конструкций Брестского государственного технического университета.

<sup>2</sup> Каковко Виталий Игоревич – студент 5-го курса строительного ф-та гр. КП-28 БрГТУ