

затем решается вывод файла ODB ядром, а затем необходимое содержимое диаграммы прорисовывается через Python-скрипт. Python может напрямую генерировать объекты данных модели, этапы анализа и граничные условия в САЕ и экспортировать их во входные файлы. Кроме того, Python также может импортировать данные модели через входные файлы и считывать наборы данных результатов из выходных файлов. Таким образом, Python имеет очень широкий спектр приложений и может использоваться в различных моделях и типах анализа ABAQUS, включая линейный и нелинейный структурный анализ, термодинамический анализ и анализ мультифизических связей.

Короче говоря, Python, как язык программирования высокого уровня, имеет лаконичный синтаксис и мощные возможности обработки данных и очень подходит для вторичной разработки ABAQUS. В сочетании с библиотекой Python, предоставленной ABAQUS, пользователи могут быстро выполнять моделирование и обработку данных посредством программирования на Python, а также реализовывать программное моделирование и обработку результатов. Следовательно, язык Python можно использовать для вторичной разработки ABAQUS, и такая разработка вполне осуществима.

## ИНФОРМАЦИОННОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЗДАНИЙ КИТАЯ И БЕЛАРУСИ

Коваленя Н. В., Ходяков В. А.

Белорусский национальный технический университет  
niktakovalenya@mail.ru, xva609@gmail.com

**Annotation.** Complex buildings have been designed with the use of information technology for a long time. Two iconic buildings that were designed and operated using BIM technologies are discussed in the article.

Китай начал использовать BIM технологии в 2002 году и на 2023 год занимает второе место в Азиатском регионе по их внедрению, более 40 % проектных организаций применяют BIM (первое место занимает Сингапур). Использование BIM для управления затратами на протяжении всего жизненного цикла здания сегодня является основным направлением для развития строительной отрасли [1].

Наиболее актуальным направлением применения BIM-технологий в Китае является поиск коллизий, комплексный анализ конструктивных проблем и их влияние на изменение стоимости и график строительства. Объединенная модель используется для загрузки нескольких моделей BIM созданных инженерами смежных разделов.

Говоря о достижениях современной инженерии, немногие здания могут соперничать с Шанхайской башней в Китае (рис. 1). Высота здания 632 метра, это третье по высоте здание в мире, проектирование выполнено с использованием BIM-технологий.

Конструкция здания делает поворот по спирали на 120 градусов, что оптимально для минимизации ветровых нагрузок. При этом поток воздуха направляется к турбинам, которые способствуют снижению энергозатрат здания на 21 %. Фактически, подсчитано, что использование 3D-моделей BIM позволило сэкономить около 32 % затрат на строительство по сравнению с традиционными методами проектирования. Модель была разработана с использованием продуктов Autodesk – Revit [2].

Одним из самых масштабных реализованных проектов с использованием BIM-технологий в Республике Беларусь является мультифункциональный комплекс отеля Marriott в городе Минске (рис. 2).

Концепция заключается в объединении четырех самостоятельных объектов: пятизвездочного отеля, спортивного центра с ареной на 2800 мест (ядро всей композиции), теннисного клуба и четырехуровневого паркинга на 307 мест – под одной крышей, выполненной в форме летящего сокола. Все объекты соединены между собой пешеходными переходами и находятся под одной крышей (за исключением многоэтажного здания отеля). Часть спортивного центра переходит во внутренний бульвар, начинающийся у входа в комплекс. Холл гостиницы в виде атриума во всю высоту здания стал визитной карточкой комплекса, отсюда открывается прямой доступ к набережной и террасам [3].



Рисунок 1 – Шанхайская башня на Yincheng Rd (M) в Шанхае



Рисунок 2 – Мультифункциональный комплекс «Сокол» на проспекте Победителей в городе Минске

Применение технологии информационного моделирования позволяет создавать сверхсложные комплексные объекты, проектирование которых с использованием традиционных методов крайне трудно решаемая задача для проектировщиков и строителей.

#### **Список использованных источников**

1. Е. А. Доможирова, Ю. С. Степанова, М. Е. Винидиктова. Преимущество BIM технологий на примере китайского опыта / Е. А. Доможирова. – Тула ТГУ, 2019.

2. Building a Giant with BIM: The Shanghai Tower [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.axiomint.com/building-a-giant-with-bim-the-shanghai-tower>. – Дата доступа: 18.04.2023.

3. Восточный размах в Минске. В Минске построили multifunctional комплекс с пятизвездочным отелем, фасад которого выполнен из материалов GRADAS. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://archi.ru/tech/64434/vostochnyi-razmakh-v-minske>. – Дата доступа: 31.08.2015.

## ИНДЕКС РОВНОСТИ ДОРОЖНОГО ПОКРЫТИЯ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ НАЗЕМНОГО ЛАЗЕРНОГО СКАНИРОВАНИЯ

Ходяков В. А., Шишко Н. И.

Белорусский национальный технический университет

[xva609@gmail.com](mailto:xva609@gmail.com), [remezni@gmail.com](mailto:remezni@gmail.com)

**Annotation.** Deformation seams are often used to connect a road with a bridge. The article describes the experience of assessing the index of IRI road coating flatness in the zone of the deformation seam device using ground laser scanning results.

Ровность асфальтобетонного покрытия в процессе длительной эксплуатации постоянно снижается. Зонами повышенного риска являются участки различных стыков с изменением структуры и жесткости ездового полотна. В частности, такой зоной является место примыкания дорожного полотна к мостовому с устройством деформационного шва [1].

Было выполнено лазерное сканирование мостового полотна и участков подходов на расстоянии 30 м от деформационного шва путепровода, расположенного на 4-м километре Минской кольцевой автодороги. Точность лазерного сканирования составляет  $\pm 0,65$  мм при доверительной вероятности 95 %. После обработки и анализа облака точек было выполнено построение характерного микропрофиля поверхности с использованием среды визуального программирования «Grasshopper». Положение исследуемого сечения было выбрано по второй полосе движения, левая колея. В результате был создан структурированный текстовый файл в формате .txt для импорта данных и последующей обработки в программном комплексе «КРЕДО ДОРОГИ». На основе импортированных данных был построен пространственный коридор, описывающий положение микропрофиля исследуемого участка. При помощи специализированного модуля «Оценка дороги» был рассчитан показатель ровности IRI [3] с разбиением на интервалы длиной 100 мм и построена диаграмма изменения этого показателя на протяжении исследуемого участка длиной 96,81 м (рис. 1).

Оценка ровности покрытия при помощи показателя IRI является готовым методом, обладающий высокой валидностью, позволяющим в комплексе оценить состояние покрытия проезжей части.

Ухудшение транспортно-эксплуатационных показателей покрытия участка автомобильной дороги непосредственно влияют на безопасность движения с