

Проектирование спортивных комплексов для зимних видов спорта в условиях неустойчивого снежного покрова, к каким относится и Республика Беларусь, с использованием для покрытия лыжных трасс искусственного покрытия позволит создать дополнительные условия для развития этих видов спорта. Использование скатов кровель спортивных сооружений создаст возможность обеспечения перепадов высот на лыжных трассах.

Список литературы

1 Алаева, Н. А. Особенности и современные тенденции в проектировании горнолыжных комплексов России / Н. А. Алаева, С. М. Алаева. – URL: <http://edu.secna.ru/mdia/f/%D0%90%D0%BB%D0%B0%D0%B5%D0%B2%D0%B0.pdf> (дата обращения: 05.03.2024).

2 «Снежком» – первый в России и крупнейший в Европе всесезонный горнолыжный комплекс // Fishki.net. – URL: <https://fishki.net/2340490-snezhkom--pervyj-v-rossii-i-krupnejshij-v-evrope-vsesezonnyj-gornolyzhnyj-kompleks.html> (дата обращения: 03.03.2024).

3 Панченко, П. В. Особенности архитектурного формирования горно-лыжных / П. В. Панченко // Архитектон: известия вузов. – 2011. – № 33. – URL: http://archvuz.ru/2011_1/2 (дата обращения: 03.03.2024).

УДК 681.2.08

ВЫБОР ОПТИМАЛЬНОГО МЕТОДА МОНИТОРИНГА ШИРИНЫ РАСКРЫТИЯ ТРЕЩИН В ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЯХ АНКЕРНЫХ ОПОР ТРАНСПОРТНОГО КОМПЛЕКСА UST

А. Э. ЮНИЦКИЙ

*Доктор философии транспорта, генеральный конструктор
ЗАО «Струнные технологии», г. Минск, Беларусь*

В. О. ПОДВОРНЫЙ

*Главный специалист конструкторского бюро «Железобетонные конструкции»
ЗАО «Струнные технологии», г. Минск*

С. А. ГОРОДНИК, магистрант

Белорусский национальный технический университет, г. Минск

Анкерные опоры – массивные железобетонные конструкции – являются наиболее нагруженными сооружениями в транспортном комплексе Unitsky String Technologies (uST), вследствие чего они подвержены повышенному риску образования трещин при наличии ошибок проектирования, нарушения технологии строительства, неправильной эксплуатации объекта. Для оценки технического состояния конструкции необходимо определить причины обра-

зования трещин (в случае их появления, обнаружения) на основе анализа их распространения и технических характеристик. Основным параметром для оценки характеристики трещин является ширина их раскрытия. Малые значения ширины раскрытия трещин и их изменение в течение года из-за перепадов температуры являются причинами, по которым необходимо вести наблюдение за трещинами с помощью специальных методов мониторинга.

Мониторинг трещин в конструкциях зданий и сооружений позволяет отслеживать их изменения и контролировать общее техническое состояние объекта. По результатам мониторинга принимаются решения о дальнейшей эксплуатации объекта, необходимости его ремонта и устранении причин образования трещин. Рассмотрим основные, наиболее часто используемые на практике, методы мониторинга трещин в железобетонных конструкциях.

1 Гипсовые маяки. Маяк представляет собой пластинку из гипса, наложенную поперёк трещины (рисунок 1). Маяк устанавливают на основной материал стены, удалив предварительно штукатурку. Разрыв маяка свидетельствует только о развитии деформаций, после чего на трещину устанавливают новые маяки. В специальном журнале и на наблюдаемой конструкции указывается номер и дата установки маяка [1].

2 Электронные маяки (рисунок 2) – наиболее совершенные устройства измерений, которые чаще всего представлены потенциометрическими датчиками линейных перемещений и датчиками струнного типа. Применение таких датчиков позволяет обеспечить измерения с точностью до 0,01 мм и фиксировать их в автоматическом режиме, что позволяет проводить онлайн-контроль за состоянием конструкций и отслеживать динамику изменений [1].



Рисунок 1 – Гипсовый маяк



Рисунок 2 – Электронный маяк

3 Пластинчатые маяки. Маяки пластинчатого типа (рисунок 3) состоят из двух пластин, закрепляемых на разных сторонах трещины с помощью дюбелей или клея. Маяки имеют измерительную шкалу с шагом делений 0,5–1,0 мм для фиксации изменения ширины. Основными преимуществами

является наглядность и возможность наблюдения изменения трещин по двум осям. Благодаря наличию измерительной шкалы имеется возможность без использования дополнительного инструмента визуально оценить изменения ширины раскрытия трещин [1].

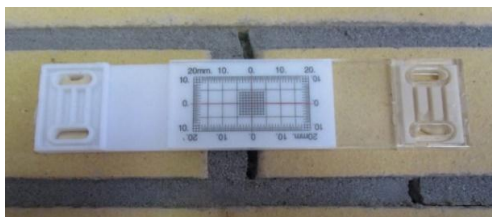


Рисунок 3 – Пластинчатый маяк

4 *Точечные маяки* (рисунок 4) позволяют проводить наблюдения по нескольким точкам, зафиксированным на конструкции. Использование специальных расчётных методик позволяет отслеживать перемещения по вертикали и по горизонтали. Для корректного использования точечных маяков необходимо наличие измерительных инструментов и строгое соблюдение методик измерений. При неточном выставлении ножек штангенциркуля ошибка может составлять несколько десятых долей миллиметра, что существенно с учётом размеров трещин [1].



Рисунок 4 – Точечные маяки



Рисунок 5 – Маяк часового типа

5 *Маяки часового типа*. Маяки часового типа (мессуры) имеют индикатор с измерительной шкалой с ценой деления от 0,01 мм и обеспечивают высокую точность измерений без применения вспомогательных инструментов. Наконечник маяка (рисунок 5) упирается в металлический репер, закрепленный на другой стороне трещины, и смещается вместе с ним при изменении ширины трещины. Такие маяки являются наиболее наглядными в использовании и дают возможность легко снимать показания [1].

6 *Электронный тахеометр*. Использование электронных тахеометров (рисунок 6) является высокоточным геодезическим методом измерения ширины раскрытия трещин при сведении к минимуму погрешности наведения

и внешней среды. Данный метод наблюдений заключается в том, что на обследуемых конструкциях крепят деформационные марки по обе стороны трещины (рисунок 7), по которым осуществляются наблюдения, а за пределами обследуемого сооружения устанавливают высокоточный электронный тахеометр, имеющий сервопривод и систему автоматического точного наведения на деформационную марку. Тахеометр управляется компьютерной программой [2].



Рисунок 6 – Электронный тахеометр



Рисунок 7 – Деформационные марки

7 *Фотограмметрический щелемер* представляет собой систему, которая состоит из двух блоков фотограмметрических марок (рисунок 8), которые закрепляются по обе стороны трещины, фотокамеры и специального программного обеспечения. Блок марок фотографируется и по результатам обработки снимков определяется взаимное положение центров блоков марок, расположенных по обе стороны от трещины. Такая технология позволяет достигать точности определения линейных перемещений в несколько микрон при расстояниях съемки до 20 м. Путём сравнения результатов съёмки специальной программой определяют деформации [3].

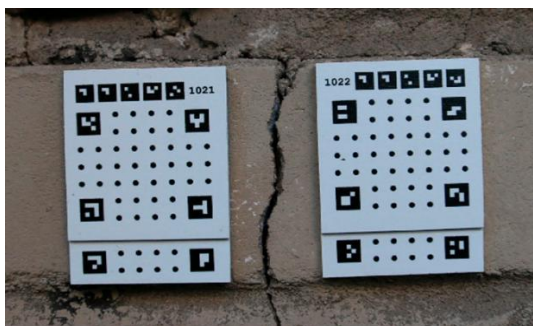


Рисунок 8 – Фотограмметрические марки

Предельная ширина раскрытия трещин устанавливается в нормативной документации с точностью до 0,1 мм [4]. Таким образом, для мони-

торинга трещин в железобетонных конструкциях, с целью получения динамики их развития, необходимо обеспечить измерение ширины раскрытия трещин с точностью до 0,01 мм и регулярность проведения измерений.

Анкерные опоры транспортного комплекса uST воспринимают нагрузку от натяжения путевой структуры, которая значительно изменяется в течение года в зависимости от температуры, влажности окружающей среды и ряда иных факторов, поэтому необходимо иметь возможность наблюдения за изменением ширины раскрытия трещин (в случае появления таковых) в течение длительного времени.

Проанализировав основные существующие методы мониторинга трещин с целью их использования для наблюдения за состоянием железобетонных конструкций транспортного комплекса uST, можно сделать выводы:

- гипсовые маяки не позволяют наблюдать изменение поведения трещины во времени;
- точечные и пластинчатые маяки не обеспечивают необходимую точность измерений;
- электронные маяки, фотограмметрические и деформационные марки обеспечивают высокую точность измерений, но требуют использования дорогостоящего дополнительного оборудования;
- маяк часового типа обеспечивает необходимую точность измерений и не требует использования дополнительного оборудования.

На основании сделанных выводов можно заключить, что метод снятия показаний при помощи индикаторов часового типа наиболее целесообразен для применения в транспортных комплексах uST. В то же время, индикаторы часового типа имеют достаточно высокую стоимость и часто становятся объектами вандализма, что требует проведения дополнительных мероприятий по их защите. Однако, учитывая необходимость наблюдения в течение длительного времени, они являются оптимальным методом для мониторинга трещин в железобетонных конструкциях комплекса uST [5].

Список литературы

- 1 **Шарапов, Р. В.** Мониторинг трещин в строительных конструкциях / Р. В. Шарапов, Н. Д. Лодыгина // Инженерный вестник Дона. – 2023. – № 3 (99). – С. 54–61.
- 2 **Голубкин, А. С.** Деформационный мониторинг высотных зданий / А. С. Голубкин, В. С. Хорошилов // Интерэкспо Гео-Сибирь. – 2016. – № 9. – С. 127–134.
- 3 **Войнаровский, А. Е.** Разработка технологии фотограмметрического щелемера / А. Е. Войнаровский, А. Б. Леонтьева, И. А. Лучкин // Геодезия, картография, геоинформатика и кадастры. От идеи до внедрения : сб. материалов II Междунар. науч.-

практ. конф., Санкт-Петербург, 08–10 ноября 2017 года / Санкт-Петербургская ассоциация геодезии и картографии. – Санкт-Петербург : Политехника, 2017. – С. 213–216.

4 Бетонные и железобетонные конструкции : СП 5.03.01-2020 / М-во архитектуры и строительства Республики Беларусь. – Минск, 2020. – 245 с.

5 **Юницкий, А. Э.** Эффективные фундаменты промежуточных опор транспортной эстакады uST / А. Э. Юницкий, А. Н. Солодкин // Инновационное развитие транспортного и строительного комплексов : материалы Междунар. науч.-практ. конф. (Гомель, 16–17 ноября 2023 г.) : в 2 ч. Ч. 1 / М-во трансп. и коммуникаций Респ. Беларусь, Бел. ж. д., Белорус. гос. ун-т трансп. ; под общ. ред. Ю. И. Кулаженко. – Гомель : БелГУТ, 2023. – 449 с.

УДК 624.131.7

ВЫБОР РАСЧЁТНОЙ МОДЕЛИ ГРУНТОВОГО ОСНОВАНИЯ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ФУНДАМЕНТОВ АНКЕРНЫХ ОПОР

А. Э. ЮНИЦКИЙ

*Доктор философии транспорта, генеральный конструктор
ЗАО «Струнные технологии», г. Минск,
Республика Беларусь*

А. Н. ПЕТРОВЕЦ

*Инженер-проектировщик конструкторского бюро
«Железобетонные конструкции» ЗАО «Струнные технологии»,
Республика Беларусь*

Наиболее сложной задачей инженера-проектировщика при проектировании железобетонных конструкций транспортной эстакады (применительно к настоящему исследованию – на примере комплекса Unitsky String Technologies (uST)) является проектирование фундамента под анкерную опору – сооружение, воспринимающее значительные горизонтальные и вертикальные усилия от путевой структуры (рисунок 1), обеспечивающее её натяжение и устойчивое положение в пространстве [1]. От корректного выбора расчётной модели основания зависит результат расчёта основания фундамента. В данной работе рассмотрены основные расчётные модели грунтового основания, которые также могут быть использованы при проектировании транспортной эстакады uST, показаны их основные достоинства и недостатки.