

*Пимшина Т.М.,  
кандидат технических наук, доцент  
доцент кафедры «Изыскания, проектирование и  
строительство железных дорог»  
Ростовский государственный университет путей сообщения  
Россия, г. Ростов-на-Дону*

*Гаджиев М.С.,  
студент магистратуры кафедры «Геодезия»  
2 курс, факультет «Дорожно-транспортный»  
Донской государственный технический университет  
Россия, г. Ростов-на-Дону*

## **ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ ГЕОТЕХНИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ТРАНСПОРТНЫХ ТОННЕЛЕЙ**

***Аннотация:** В статье осуществлено краткое описание основных особенностей геотехнического мониторинга за напряженно-деформированным состоянием, как самих строительных конструкций тоннеля, так и расположенного над ним грунтового массива.*

***Ключевые слова:** транспортный тоннель, геотехнический мониторинг, техническое состояние, деформации, вертикальные и горизонтальные смещения, эксплуатационная надежность, несущая способность строительных элементов.*

***Annotation:** The article provides a brief description of the main features of geotechnical monitoring of the stress-strain state, both of the tunnel building structures themselves and of the soil mass located above it.*

**Key words:** *transport tunnel, geotechnical monitoring, technical condition, deformations, vertical and horizontal displacements, operational reliability, bearing capacity of building elements.*

Инженерные сооружения являются основой инфраструктуры любого государства. К таким объектам относятся и тоннели, являющиеся сложными и дорогостоящими искусственными подземными сооружениями, длины которых значительно превышает их поперечные размеры. Тоннели предназначены для пропуска транспорта, размещения коммуникаций и других целей на значительный срок эксплуатации.

Согласно ГОСТ 27.002-2015 [1] надежностью сооружения является сохранение на всех этапах его существования и выполнение в заданных расчетных пределах возложенных на него функций. Ухудшение эксплуатационной надежности в процессе эксплуатации объекта являются естественным и неизбежным процессом. Основные причины этих нарушений (деформаций) приведены на рисунке 1.

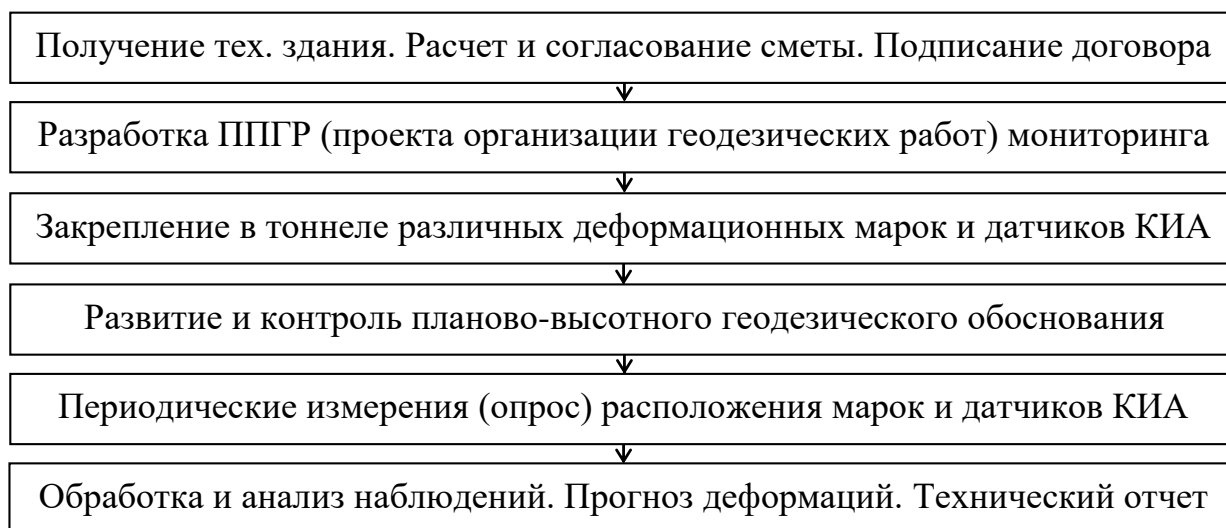


**Рисунок 1 – Основные причины возникновения деформаций тоннелей**

Согласно ГОСТ Р 22.1.12-2005 [2] транспортные тоннели относят к I (повышенному) уровню ответственности, поэтому для обеспечения удовлетворительной эксплуатационной надежности на различных этапах их существования они оснащаются различными контрольно-измерительными системами и аппаратурой (КИА) для выполнения мониторинга. Под мониторингом понимаются систематические (периодические) визуальные и инструментальные наблюдения изменений напряженно-деформированного состояния объекта для проведения оперативных мероприятий по поддержанию необходимой эксплуатационной надежности.

Для обеспечения комплексной безопасности при строительстве и последующей эксплуатации транспортных тоннелей особенно значимым является постоянный мониторинг за деформациями его конструкций и напряжениями, возникающими в окружающем грунтовом массиве. Осадка массива, вызванная строительством тоннеля, зависит: от размера и глубины его залегания, способов и скорости производства горных работ, гидрогеологических и геологических условий, своевременности заполнения пустот за обделкой объекта и ряда других факторов.

Наблюдения за изменением геометрических параметров (деформациями) транспортных тоннелей занимает существенное место при мониторинге их эксплуатационной надежности [3]. При этом требования к объему (подробности) и сложности измерений деформаций, а также требования к их точности постепенно повышаются. На рисунке 2 приведена блок-схема организации производства геотехнического мониторинга за техническим состоянием транспортных тоннелей во время их строительства и дальнейшей эксплуатации.

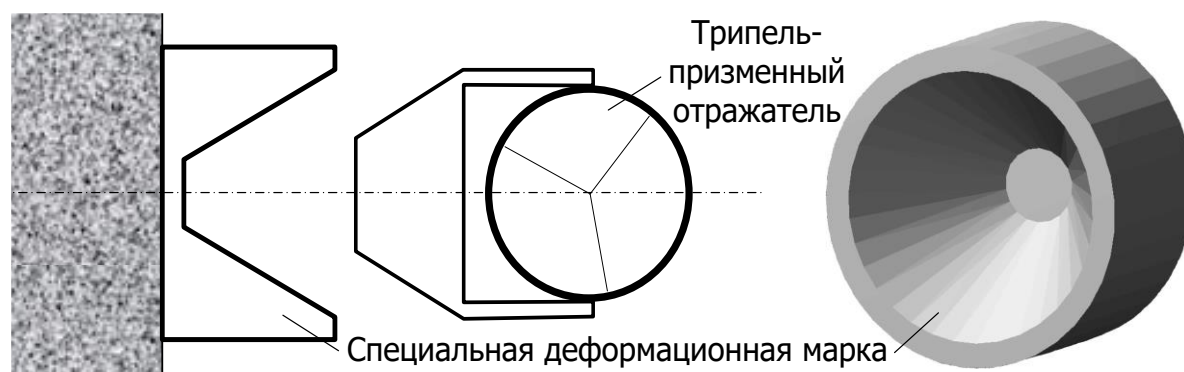


**Рисунок 2. Блок-схема организации производства геотехнического мониторинга наблюдений за техническим состоянием тоннеля**

Существуют два основных подхода к выполнению инструментального геотехнического мониторинга: периодический и автоматизированный.

Периодический геотехнический мониторинг выполняется по установленному календарному графику и представляет собой обследование технического состояния объекта при помощи различных геодезических, фотограмметрических и неразрушающих методов контроля. Основным недостатком данного подхода является относительно большая трудоемкость полевых работ, а также то, что нельзя произвести моментальное (в режиме реального времени) определение технического состояния сооружения, например, при вибрации, сильном ветре, колебаниях температур и т.д. К основным достоинствам данного подхода можно отнести относительную дешевизну, простоту и надежность определения деформаций объекта [4].

Нами предлагается конструкция специальной деформационной марки, с быстрым креплением на неё трипель-призменного отражателя (рисунок 3).



**Рисунок 3. Пример предлагаемой конструкции деформационной марки**

Данная марка представляет собой цилиндр, в центре которого просверлено слепое конусное отверстие, предназначенное для установки специального переносного крепления для вращающегося отражателя. Такое устройство позволяет максимально точно и быстро устанавливать и снимать отражатель с деформационной марки. Кроме того, призматический отражатель возможно точно направлять в сторону электронного тахеометра, что значительно повышает диапазон и точность замеров в сравнении с выполнением измерений на неповоротные пленочные отражатели.

В автоматизированном геотехническом мониторинге замеры могут производиться непрерывно, что значительно улучшает уровень безопасной эксплуатации сооружения. Система автоматизированного мониторинга представляет собой группу различных датчиков (рисунок 4) что, позволяет определять широкий спектр данных как самого тоннеля, так и окружающего грунтового массива. Одним из существенных преимуществ такого подхода является гибкость в выборе количества и расположения датчиков системы на объекте. При этом возможно исключать, добавлять или изменять определенные характеристики автоматизированной системы, без прекращения постоянного процесса наблюдения за сооружением. Основным недостатком таких систем является их значительная стоимость в сравнении с периодическим мониторингом. Поэтому автоматизированные системы

применяют для мониторинга технического состояния зданий и сооружений повышенной ответственности [5].

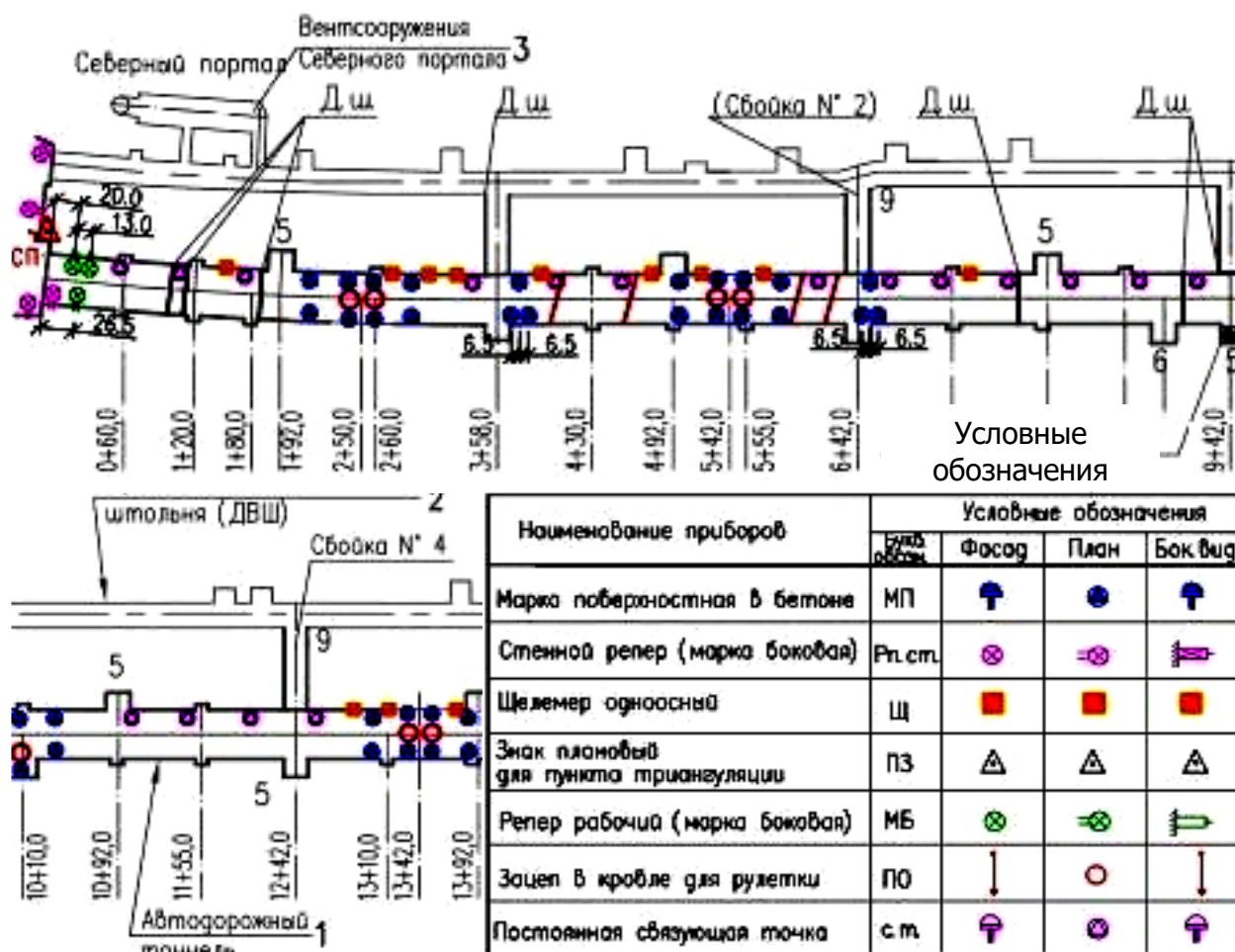


Рисунок 4. Пример плавного расположения марок и датчиков в тоннеле

Наиболее достоверную и объективную информацию о техническом состоянии сооружения можно определить при совместном применении обоих вышеприведенных подходов.

Мониторинг напряжений грунтового массива обычно выполняется геомеханическими и/или геофизическими методами, которые позволяют контролировать как отдельные участки, так и значительные объемы. Точность данных методов во многом зависит как от характеристик используемых средств измерений, так и от математического алгоритма (программ), применяемых при их обработке.

В итоге по полученным данным мониторинга разрабатываются рекомендации по обеспечению штатной и безопасной эксплуатации транспортного тоннеля.

#### **Использованные источники:**

1. ГОСТ 27.002-2015. Надежность в технике. Термины и определения. – М.: Стандартиформ, 2016. – 28 с.

2. ГОСТ Р 22.1.12-2005. Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Структурированная система мониторинга и управления инженерными системами зданий и сооружений. Общие требования. – М.: Стандартиформ, 2016. – 34 с.

3. ГОСТ 24846-2019. Грунты. Методы измерения деформаций оснований зданий и сооружений. – М.: Стандартиформ, 2020. – 12 с.

4. Старых, М.В. Основные подходы к геомеханическому мониторингу транспортных тоннелей / М.В.Старых, А.А. Ревякин, Т.А. Урсул / Инженерный вестник Дона, №5, 2020. [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n5y2020/6465](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n5y2020/6465)

5. Богомолова, Н.Н. Геодезический мониторинг транспортных тоннелей, сооружаемых горным способом: Автореф. дис. кан.тех. наук. 25.00.32 – Петербург: ФАЖТ ФГБОУ ВПО Петербургский гос. ун-т. путей сообщения, 2014. – 20 с.