

Международная научно-практическая конференция
«Опыт применения программных комплексов BIM-проектирования и
анализ МКЭ при проектировании зданий и сооружений»
(г. Минск, БНТУ – 03.11.2017)

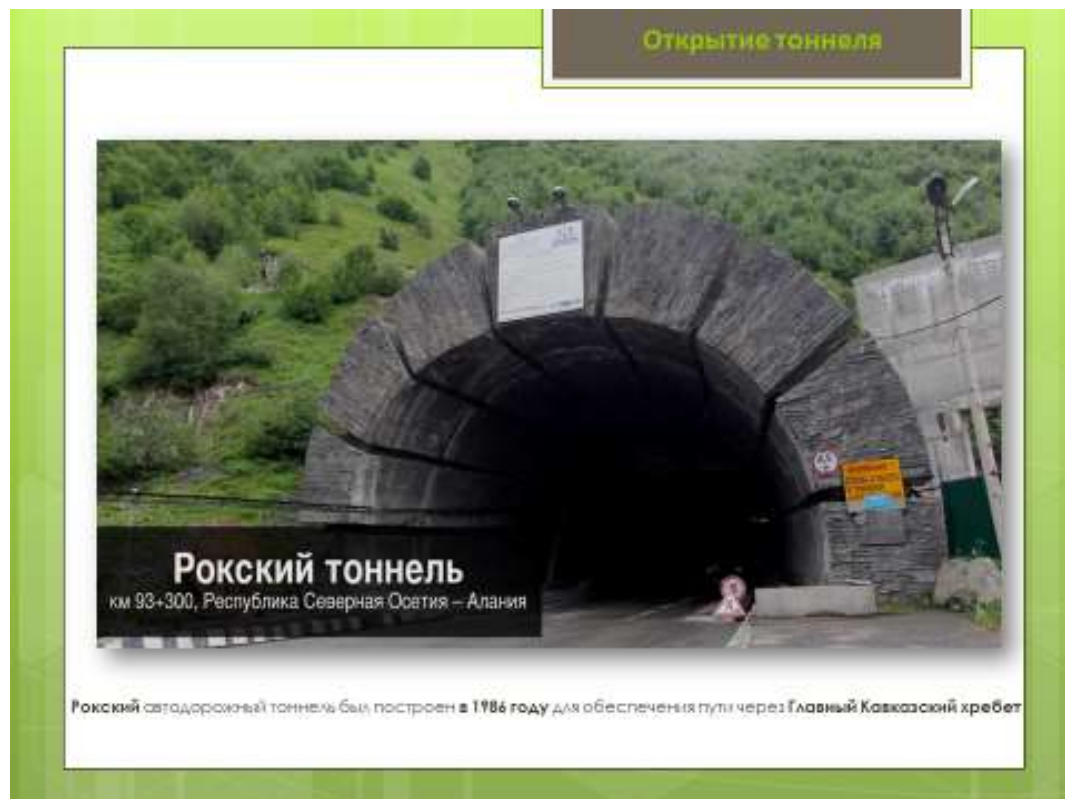
УДК 624.19

Возможности применения фибробетона на примере проекта Рокского
тоннеля. Анализ возможностей BIM технологий

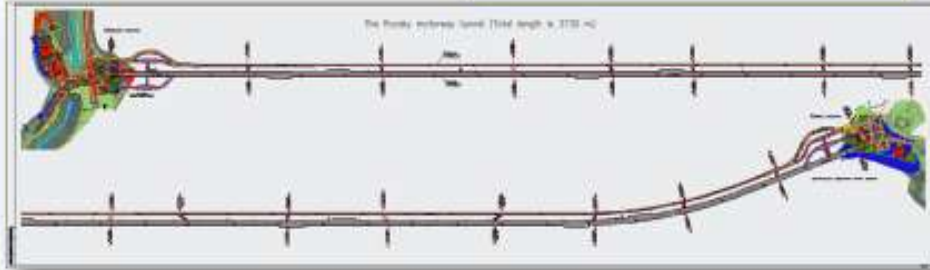
Грачев М. Л.

БНТУ,

г. Минск, Республика Беларусь



Характеристики тоннеля



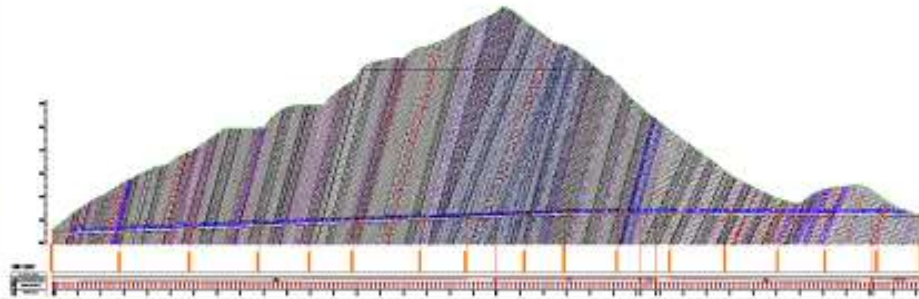
✓ Общая длина тоннеля, м	3730.
✓ Общая длина мультифункциональной штольни, м	3805.
✓ Наивысшая точка горного массива, м	3100.
✓ Размещение порталов от уровня моря, м	2040, 2112.
✓ Количество полос движения	2.
✓ Общая ширина дороги, м	9.73 ~ 10.6.
✓ Общая высота тоннеля в свету, м	4.77 ~ 5.20.
✓ Проектная скорость, км/ч	60.
✓ Максимальная дистанция видимости, м	130.
✓ Дорожное покрытие	бетон.

Климатические условия



Тоннель располагается в суровых высокогорных погодных условиях с затяжным зимним периодом и объемных атмосферных осадках

Грунтовые условия



Вид грунта - известняки, известковые сланцы, известковые песчаники с падением на север под углом 75°- 80°, трещиноватость высокая – 8 - 10 шт. на 1 метр.

Прочность грунтов по Протодакионову М.М.:

ИГЭ 1 – $f = 6 - 9$;
ИГЭ 1а – $f = 4 - 6$;
ИГЭ 1а* – $f = 2 - 3$;
ИГЭ 2а* – $f = 2 - 4$;

Реконструкция

Реконструкция тоннеля влечёт за собой вмешательство в существующую конструкцию и местные экономические связи

Мы приняли в расчет:

- Существующие конструкции;
- Экономические связи по обе стороны кавказского хребта;
- Суровые погодные условия;
- Удалённость от производственной инфраструктуры.

Требования заказчика:

- Не прерывать движение транспорта через тоннель;
- Максимально сжать график строительства тоннеля.

Ежедневный трафик – 1550 авт.
Прогноз трафика – 3200 авт.

Реконструкция

Реконструкция тоннеля делилась на 3 стадии:

Первая стадия началась в **Декабре 2010 года** и закончилась в **Июле 2012 года**. Основная задача этой стадии была пустить движение по многофункциональной штольне.

Вторая стадия началась в **Июле 2012 года** и закончилась в **Ноябре 2014 года**. Эта стадия включала в себя реконструкцию основного тоннеля, устройство сбоев и порталов. После завершения этой стадии было запущено движение по основному тоннелю.

Завершающая стадия началась в **Ноябре 2014 года**. Она включала в себя устройство постоянной обделки многофункциональной штольни; завершение установки инженерных систем.



Организация движения

Для организация движения транспорта на период реконструкции тоннеля были разработаны специальные правила для повышения безопасности водителей и пассажиров:

Максимальная скорость ограничивается 20 км/ч;

Минимальная дистанция не может быть меньше 20 метров;

Передвижение по штольне строго по 15-20 машин, сопровождаемых дорожной полицией;

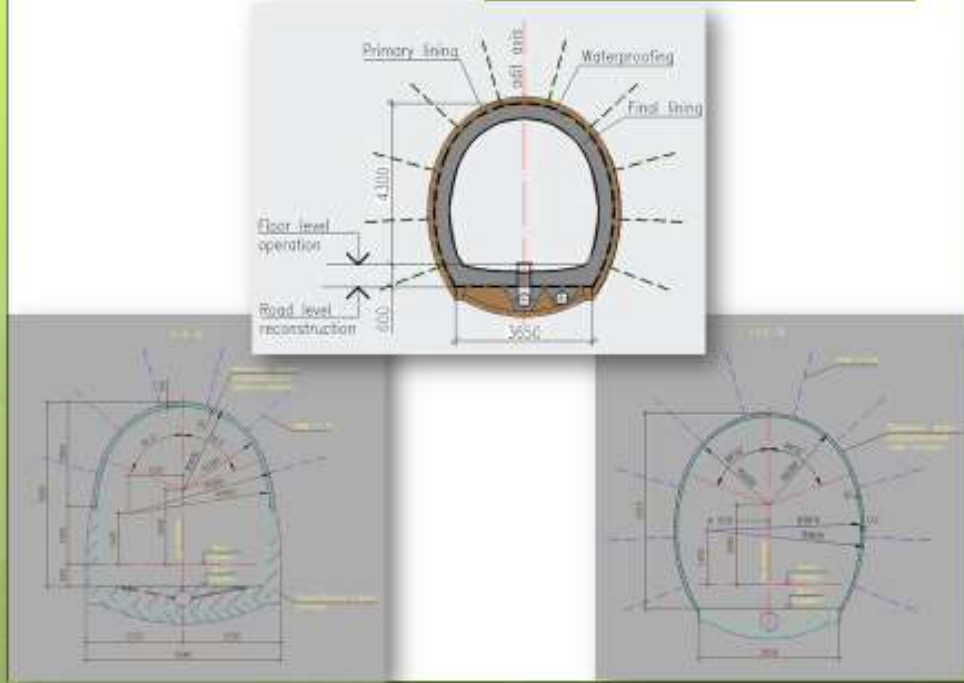
Опасные грузы перевозятся индивидуально;

Каждый час направление движения через штольню меняется.

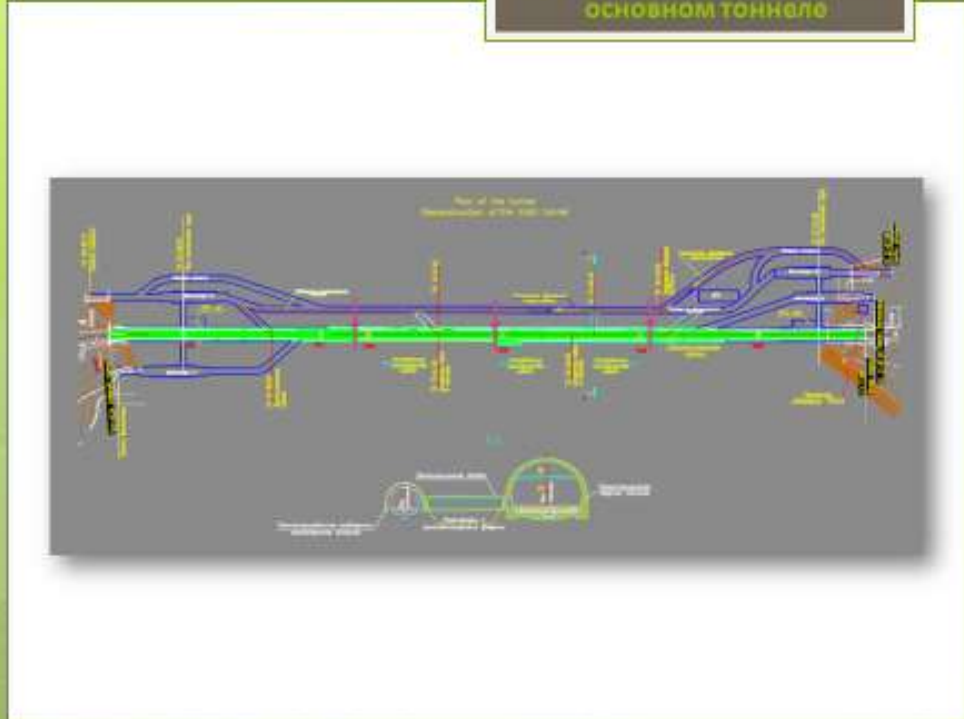
Вдобавок были установлены специальные дорожные сигналы и барьеры.



Применение фибробетона в штольне



Применение фибробетона в основном тоннеле



Применение фибробетона в основном тоннеле

Участки применения фибробетона в основном тоннеле

Для оценки возможности применения фибробетона в постоянной обделке основного тоннеля был проведен анализ всех сечений.

Фибробетон постоянной обделке основного тоннеля **мог бы** применен в породах крепостью:

- $f = 4 - 6$;
- $f = 6 - 9$;

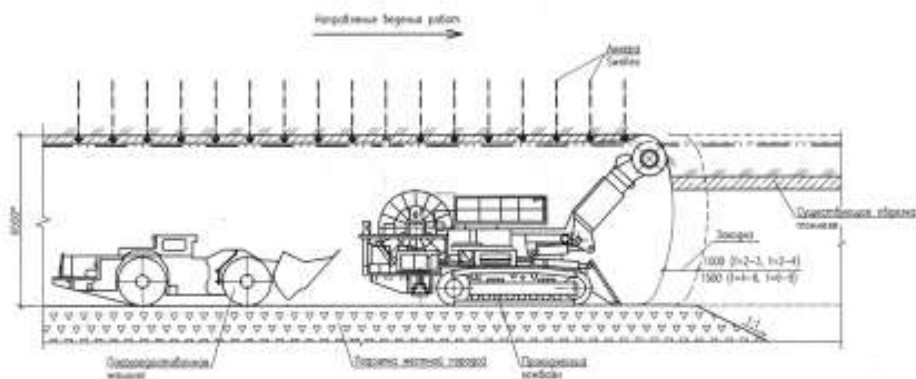
Общая длина участков **1219 м**, что составляет **32.6 %** от общей длины тоннеля.

По опыту строительства предыдущих объектов скорость устройства постоянной обделки **могла увеличиться в 1.5-2 раза**. Что очень важно, учитывая какие неудобства приносило реконструкция тоннеля для всего региона.

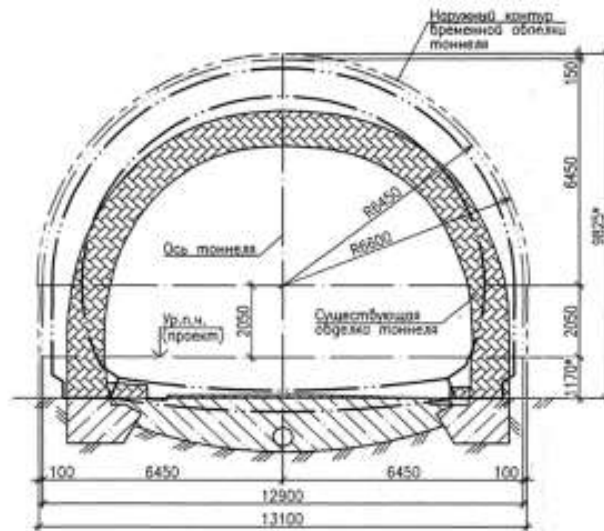
Однако отсутствие опыта применения фибробетона подрядчиком в постоянных обделках и отсутствие технологической базы для мониторинга обделки с целью минимизации рисков послужили причиной отказа от применения фибры вместо стержневой арматуры.

Применение фибробетона в основном тоннеле

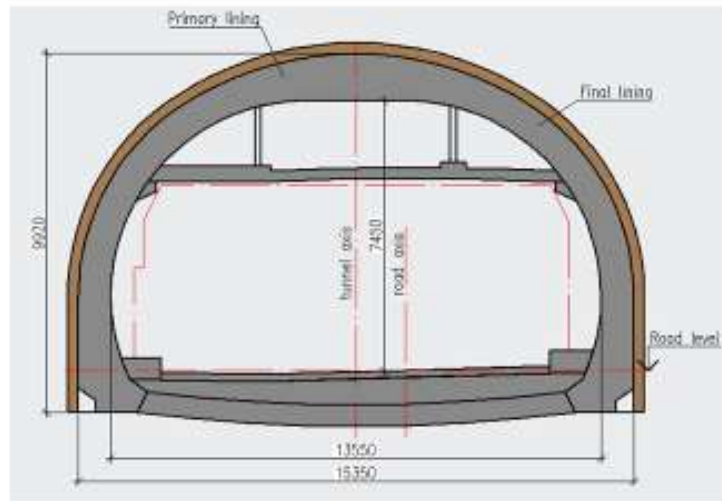
Разработка породы пророческим комбайном



Применение фибробетона в основном тоннеле



Применение фибробетона в основном тоннеле



Анализ проекта с точки зрения BIM технологий

Зная конечный результат, затраты денег, времени, иногда полезно провести анализ проекта с точки зрения современных технологий, чтобы понять, какие выгоды они бы принесли.

Трудности при глобальном внедрении BIM технологий в проект:

- Естественная инертность устоявшихся практик;
- Большое количество программных продуктов BIM не всегда совместимых друг с другом;
- Отсутствие понимания выгоды у всех сторон участвующих в реализации проекта;
- Отсутствие необходимости заказчика планировать расходы на отдаленную перспективу;
- Множество субподрядчиков и не прозрачность процесса закупки и поставки материалов.

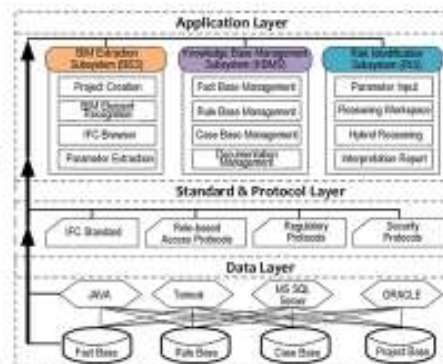


Анализ проекта с точки зрения BIM технологий

BIM технология как единая база данных для всех стадий проекта

BIM база данных может в себе хранить:

- ✓ Данные визуальной модели сооружения со всеми разделами проекта;
- ✓ Подробно документированные результаты расчётов конструкции с расчётными моделями;
- ✓ Детально проработанный календарный план;
- ✓ Информация обо всех поставщиках материалов и оборудования;
- ✓ Подробная документация всего хода строительства, все фактические характеристики материалов конструкции (результаты испытаний с привязкой к конкретным пикетажам);
- ✓ Результаты Online мониторинга (деформации и напряжения) с привязкой ко времени и месту измерения.

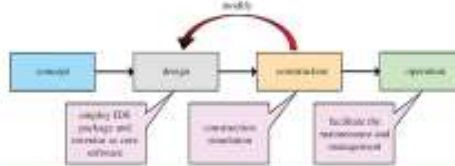


Сбор и хранение такого объема данных требует больших денежных затрат, как это может окупиться?

BIM система анализа данных online мониторинга и автоматизированного принятия решений

Задачи интеллектуальной системы:

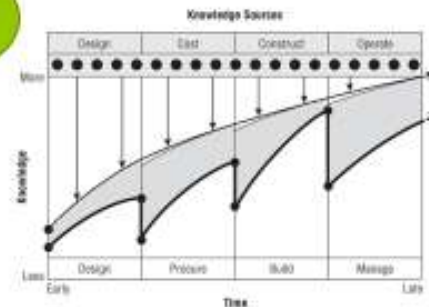
- 1) Оптимизация (уменьшение толщины обделки и армирования) конструкции за счёт выявления оптимального времени устройства постоянной обделки при непрерывном анализе скорости нарастания деформации в первичной крепи.
- 2) Круглосуточная оценка рисков возникновения потенциально опасных ситуаций с заранее заданными "триггерами" по каждому сечению тоннеля. Триггерами служат значения деформаций, полученные при расчётах на стадии проекта. Может быть несколько состояний опасности, для своевременного принятия дополнительных конструктивных или организационных решений.
- 3) Анализ ситуации и предложение возможных вариантов действий, исходя из заложенного в систему опыта предыдущих проектов.
- 4) Online-доступ к данным всем заинтересованным лицам через интернет, а также автоматическое оповещение через любые доступные средства связи.



Потеря информации в процессе жизненного цикла проекта

Причины потери информации:

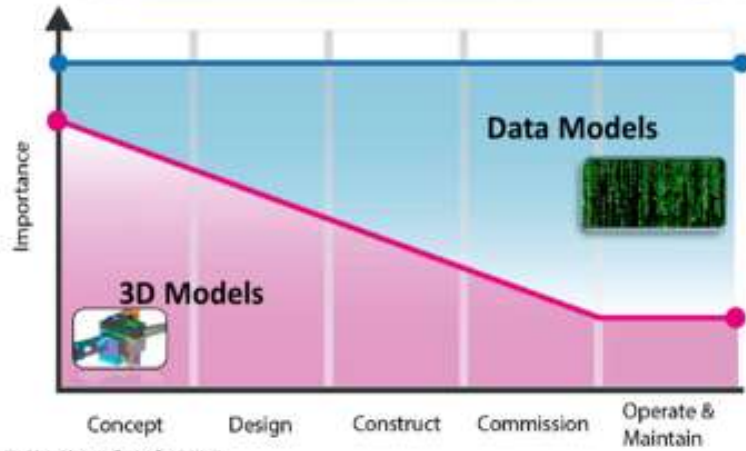
- При применении BIM технологий потеря информации может быть вызвана при передаче модели в сторонние программные комплексы;
- При отсутствии BIM сопровождения следующего уровня (4D, 5D, 6D и т.д.);
- Потеря бумажных копий проектной документации;
- Хранение результатов мониторинга только в организации, которая его осуществляет и отсутствие механизма или потребности передачи этой информации заказчику;
- Потеря документации, отражающей ход строительства и фактические характеристики материалов;
- Другие причины.



Mastering Autodesk® Revit® Architecture 2012 by Eddy Uyglal, James Vondezonde, Phil Reed



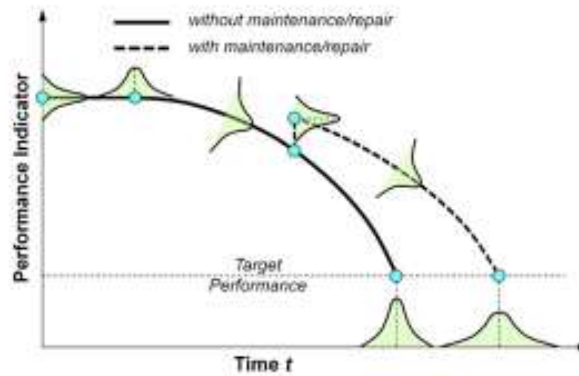
Распределения важности различных типов данных на различных этапах жизни проекта



Iko May, Malcolm Taylor, Daniel Iwin
Crosstall

Использование полной BIM базы данных для обслуживания и реконструкции тоннеля

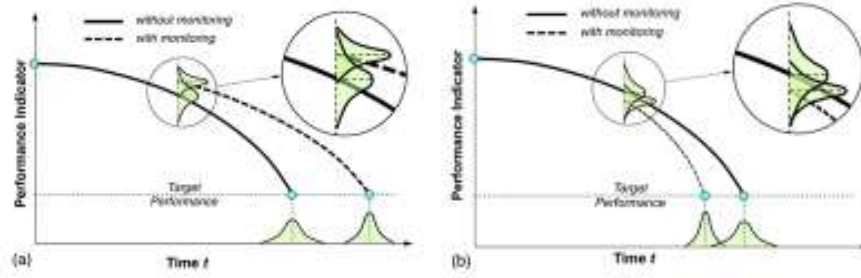
Предварительная оценка времени жизни тоннеля



Fabio Blandini, M.ASCE and Dan M. Frangopol, Dir.M.ASCE

Использование полной BIM базы данных для обслуживания и реконструкции тоннеля

Анализ базы данных и определение фактического времени жизни тоннеля

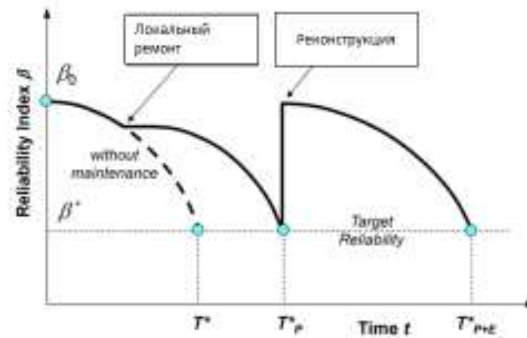


Недооценка времени жизни

Переоценка времени жизни

Использование полной BIM базы данных для обслуживания и реконструкции тоннеля

Анализ базы данных и определение точного времени и участков подлежащих реконструкции

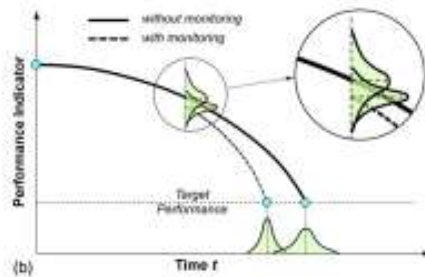


Fabio Biondi, M.ASCE and Dan M. Frangopol, Dist.M.ASCE

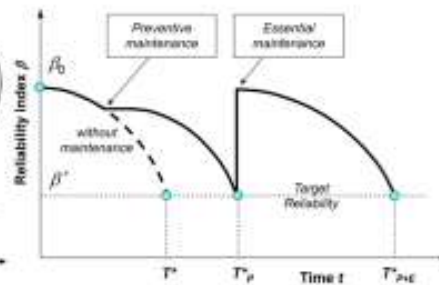
Чем могло бы быть полезно внедрение BIM технологии в проекте Рокского тоннеля?

Рокский тоннель открылся в 1984 году.
 Был признан аварийным в 2007 году.

Время жизни тоннеля 23 года.



Переоценка времени жизни



При использовании BIM технологии возможно было бы оценить оптимальное время для локального ремонта

Теперь спросим себя, какие преимущества могли бы дать BIM технологии в этом случае, если бы этот проект мы сейчас начинали с нуля?

- Экономия при оптимальном строительстве методом NATM;
- Более широкое применение таких современных материалов как фибробетон. Информационные технологии позволили бы правильно оценить риски;
- Определение более реалистичного срока жизни тоннеля по фактическим данным мониторинга, что позволило бы точно и вовремя проводить капитальный ремонт;
- Уменьшение стоимости последующих обследований и стоимости проектных работ;
- Выбор оптимальной стратегии эксплуатации тоннеля исходя из имеющихся данных;
- Максимальное продление жизни тоннеля.

Требование к BIM технологии:

- BIM модель и база данных должна быть модульной, но с единым ядром для использования во всех стадиях жизни проекта (Autodesk);
- BIM технологии должны строиться на жёстких единых стандартах, чтобы обеспечить преемственность в долгосрочной перспективе (такие работы уже ведутся во многих странах);
- В идеале BIM технологии должны строиться на максимально открытых платформах и максимально хорошо документированы для возможности внедрения любого оборудования и стороннего программного обеспечения.