

# Использование структурированной информации BIM для охраны здоровья и безопасности работающих в строительстве

В.В. Аленков, В.П. Куприяновский, А.Г. Шаклеин, М.А. Овсянников, Е.М. Чеботарев, Д.И. Ярцев, А.Н. Колесников

**Аннотация**— В статье рассматриваются вопросы, связанные с использованием BIM для безопасности в строительстве. Статья посвящена обзору британского стандарта PAS 1192-6 - Спецификация совместного использования и применения структурированной информации о здоровье и безопасности с помощью BIM. При планировании, проектировании и строительстве зданий или инфраструктуры, проектировщики и подрядчики обязаны применять принципы профилактики и смягчить риски для здоровья и безопасности в применяемых проектных решениях. И это в обязательном порядке распространяется как на конечных пользователей, так и на занятых в строительстве лиц. Указанный стандарт предполагает увеличение использования цифровых информационных приложений для моделирования при разработке дизайна (проекта). Это способствует тому, что проектировщик сможет определять и предвидеть опасности и риски при проектировании («предсказуемый риск»). Проектировщики смогут использовать различные приложения, которые позволяют определять местоположения для точной визуализации, для определения последовательности действий, и это может быть реалистично продемонстрировано на этапе моделирования.

**Ключевые слова**—BIM, безопасность, охрана труда, BSI.

## I. ВВЕДЕНИЕ

История британского BIM оказалась невероятно успешной, и уроки внедрения BIM с использованием государственных рычагов широко изучаются и служат образцами для подражания [13 - 17]. Между тем набор стандартов позволивший организовать эту работу крайне аскетичен, а успех был обеспечен широким частно-государственным партнерством.

Статья получена 21 марта 2018.

В.В. Аленков - АСЭ ГК Росатом; buildingSmart Россия (email: alenkov@niaep.ru)

В.П. Куприяновский - Национальный центр компетенций в области цифровой экономики (email: vpkupriyanovsky@gmail.com)

А.Г. Шаклеин - Центр цифровых высокоскоростных транспортных систем РУТ (МИИТ) (email: a.shaklein@rut.digital)

М.А. Овсянников - Центр цифровых высокоскоростных транспортных систем РУТ (МИИТ) (email: m.ovsiannikov@rut.digital)

Е.М. Чеботарев - АСЭ ГК Росатом; buildingSmart Россия (email: Chebotarev\_EM@aep.ru)

Д.И. Ярцев - BSI (email: dmitry.yartsev@bsigroup.com)

А.Н. Колесников - МГУ имени М.В. Ломоносова (email: fz217@mail.ru)

Набор стандартов, перечень которых взят с сайта BSI [2-8] для уровня 2 составлял до недавних пор всего 7 позиций и только в феврале 2018 года к ним прибавился восьмой стандарт [1], что совсем мало, считая с первого выпуска BIM стандарта в 2013 году. Можно смело утверждать, что выход любого нового стандарта BIM в Великобритании будет анализироваться всеми странами, так как тема внедрения BIM уже практически стала общеевропейской после публикаций мирового экономического форума [9 -11] и старта BIM в ЕС по британской схеме внедрения [36].

## II. BIM КАК ИСТОЧНИК СПЕЦИФИКАЦИИ ИНФОРМАЦИИ ДЛЯ СОВМЕСТНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СТРУКТУРИРОВАННОЙ ИНФОРМАЦИИ ОХРАНЫ ДЛЯ ЗДОРОВЬЯ И БЕЗОПАСНОСТИ

### A. OHSAS и BIM в Великобритании

Есть необычность в новом стандарте [1] в том, что, фактически, он как бы посвящен теме охраны труда в строительстве [12], но в жизненном цикле зданий и сооружений [1]. Последнее предполагает достаточно значительные строительные изменения в них уже после завершения классического этапа строительства.

Не менее знаменитым достижением в создании стандартов является успех системы стандартов для здоровья и безопасности работающих, созданных тоже в Великобритании, который называется OHSAS.

OHSAS 18000 – это серия стандартов, содержащих требования и руководящие указания к разработке и внедрению систем менеджмента промышленной безопасности и охраны труда (СМПБиОТ), применение которых обеспечивает возможность организации управлять рисками в системе менеджмента и повышать эффективность её функционирования. Требования стандартов относятся именно к безопасности труда, а не безопасности продукции или услуг компании.

Серия стандартов OHSAS 18000 объединяет два стандарта:

OHSAS 18001:2007 — Система менеджмента профессиональной безопасности и здоровья. Требования.

OHSAS 18002:2008 — Руководство по применению OHSAS 18001. В данном стандарте цитируются требования OHSAS 18001, которые дополняются

соответствующими руководящими указаниями.

С 01.01.2013 вступил в силу ГОСТ Р 54934-2012/OHSAS 18001:2007 "Системы менеджмента безопасности труда и охраны здоровья. Требования", являющийся идентичным стандарту OHSAS 18001:2007 (утвержден Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 06.07.2012 № 154-ст). Текст стандарта можно посмотреть на сайте Росстандарта.

Сертификация системы менеджмента может проводиться как по международному стандарту OHSAS 18001, так и по идентичному ему национальному стандарту ГОСТ Р 54934-2012/OHSAS 18001:2007. Также на территории Российской Федерации действует ГОСТ Р 12.0.006-2002 «Система стандартов безопасности труда. Общие требования к управлению охраной труда в организации» (отменен с 01.07.2009). ГОСТ 12.0.230-2007 "ССБТ. Системы управления охраной труда. Общие требования" введен в действие на территории РФ с 01.07.2009 взамен ГОСТ Р 12.0.006-2002 (Приказ Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 10 июля 2007 г. N 169-ст).

Требования стандарта OHSAS 18001:2007 применимы к любой организации, которая хочет разработать систему менеджмента OH&S для устранения или минимизации рисков для персонала или других заинтересованных сторон, которые могут подвергаться опасностям в области OH&S, связанными с осуществляемыми организацией видами деятельности.

Выделяют следующие цели внедрения требований стандартов организациями:

- разработать, внедрить, поддерживать и улучшать систему менеджмента OH&S;
- внедрить официальную процедуру, обеспечивающую сокращение рисков для здоровья и безопасности работников, клиентов и общественности;
- убедиться в своем соответствии установленной политике OH&S;
- продемонстрировать своё соответствие требованиям стандарта заинтересованным сторонам;
- сертифицировать или зарегистрировать свою систему менеджмента OH&S внешними организациями;
- выполнить самооценку и декларировать своё соответствие настоящей спецификации OHSAS.

Внедрение требований стандарта и сертификация СМПБиОТ на соответствие данным требованиям являются добровольными, однако наличие сертификата соответствия может быть обязательным требованием заказчика при проведении тендера.

Сертификат соответствия требованиям стандарта выдается на 3 года, при этом ежегодно проводится инспекционный контроль (надзорный аудит) для подтверждения соответствия системы менеджмента охраны здоровья и обеспечения безопасности труда

требованиям стандарта.

Назначение стандартов OHSAS состояло в том чтобы:

- минимизировать риски возникновения несчастных случаев, аварий и аварийных ситуаций;
- осуществить сокращение издержек на поддержание безопасности условий труда, выплат компенсаций и пособий, уплаты штрафов;
- добиться сокращения издержек на выполнение предписаний надзорных органов в области охраны труда и т.д.

Потребность в выработке единых требований к системам управления охраной труда, на основании которых можно было бы проводить оценку и сертификацию СМПБиОТ, возникла в среде организаций по стандартизации, институтов промышленной безопасности, индустриальных союзов и органов по сертификации и среди промышленности. По всему миру организации начинали осознавать потребность в улучшении своей деятельности в области охраны здоровья и безопасности персонала через создание соответствующей системы менеджмента (OHSMS — Occupational Health and Safety Management System).

Однако до 1999 года существовала проблема, связанная с отсутствием признаваемого международным сообществом стандарта на СМПБиОТ. Существовало множество национальных стандартов с соответствующими схемами сертификации, что способствовало созданию торговых барьеров и подрывало доверие к каждой отдельной схеме сертификации.

В 1999 году, в ответ на эту проблему, Британским Институтом Стандартов была опубликована спецификация OHSAS 18001 «Occupational Health and Safety Management Systems — Specifications», который собственно и стал общепринятым во всем мире.

В соответствии с [1], строительный сектор Великобритании обязан управлять и защищать здоровье и безопасность труда (H & S) его работников и общественности, которые могут пострадать от его деятельности.

При планировании, проектировании и строительстве зданий или инфраструктуры, проектировщики и подрядчики обязаны применять принципы профилактики и смягчить присущие риски H & S в построенных проектных решениях и тех опасностей, которые связаны с предполагаемыми действиями конечного пользователя (пользователей) или занятых в этом лиц.

Эти требования являются обязательными для обеспечения здоровья и безопасности на работе в Великобритании, как и другие законодательные требования. Стандарт [1] предполагает увеличение использования цифровых информационных и программных приложений для моделирования в

разработке дизайна (проекта). Это увеличивает способности проектировщика определять и предвидеть опасности и риски при проектировании («предсказуемый риск»). Проектировщики смогут использовать различные приложения, которые позволяют определять местоположения для точной визуализации, последовательности действий, и это может быть реалистично продемонстрировано, когда программы строительства только моделируются.

Программные приложения, как предполагает [1], позволяют создавать мультидисциплинарные 3D-модели и программы строительства, которые должны быть объединены для создания временных моделей «4D». 4D анимация может использоваться для обзора, оценки и вариантов строительства, опасностей и рисков. 4D анимация сложной последовательности построения легче понимаема теми, кто должен взять на себя ответственность и подотчетность за смягчение требований, контроль и управление. Использование моделей 3D и 4D в дизайне поддерживает принципы, касающиеся «неотложной безопасности дизайна», безопасности по дизайну и законодательства по дизайну.

Дальнейшая задача состоит в том, чтобы документировать и делиться знанием этих рисков на протяжении всего жизненного цикла проекта, построенного актива и в более широком смысле в строительной индустрии.

В этом стандарте представлена возможность интегрировать информацию H & S в моделях, процессах и приложениях, которые являются общими для BIM. Это включает возможность внести свой вклад и извлечь выгоду из более широких знаний и опыта. Все заинтересованные стороны могут способствовать эффективному управлению рисками H & S и смягчению их последствий и улучшить результаты в рамках совместной работы в BIM-процессе. Интеграция H & S и BIM позволяет создавать файлы работоспособности и безопасности продукции (HSF) как часть информационной модели BIM, передаваемой владельцам активов, операторам и пользователям посредством последовательного интегрированного цифрового открытого стандартного формата.

Риск может быть идентифицирован ранее с использованием информации из моделей и лучше контролируется посредством сотрудничества вокруг этих моделей. Этот PAS предназначен для поддержки сотрудничества и его поощрения для чего может предлагаться соответствующая разделенная структурированная информация.

Включенные в этот PAS рекомендации, потенциальные подходы и проверенные методы, такие, как управление информацией, процессы BIM и приложения могут быть приняты для улучшения стандартов H & S и уменьшения вероятности причинения вреда.

### *В. Как будет работать этот PAS в технологиях BIM?*

Как и в предыдущих выпусках стандартов на BIM их практическая реализация была отработана в системе частно-государственного партнерства. Партнером выступало Управление по охране труда в Великобритании (англ. Health and Safety Executive). Это полуавтономная негосударственная организация в Великобритании, которая отвечает за стимулирование, регулирование и проверку выполнения требований законодательных актов по охране труда и технике безопасности, а также за проведение научных исследований, обучение, публикации и информирование в области охраны труда и техники безопасности. Руководство Управления находится в Ливерпуле. Управление (HSE) занимается охраной труда в Англии, Шотландии и Уэльсе. В Северной Ирландии охраной труда занимается Управление Северной Ирландии.

Управление было создано в соответствии с Законом об охране труда 1974 года (англ. Health and Safety at Work etc. Act 1974). Работа Управления проводится за счёт средств, выделяемых Министерством труда и пенсий. В процессе выполнения своих функций Управление расследует и изучает несчастные случаи и аварии на промышленных предприятиях, как мелкие, так и крупные.

Собственно, именно HSE и выступало партнером BSI как в случае подготовке стандартов OHSAS, так и последнего BIM стандарта [1]. В последнем случае HSE выпустило значительную обобщающую работу [16] по практике применения положений, послужившей основанием для принятия [1]. Этот PAS устанавливает структуру (цикл информации о рисках) для применения информации H & S через процессы и приложения BIM. Принципы и требования этого PAS могут применяться в равной степени к не-BIM проектам. PAS указывает, как использовать информацию H & S в том чтобы:

- a) обеспечить более безопасную и более здоровую окружающую среду для конечных пользователей;
- b) смягчить присущие опасности и риски в жизненном цикле активов;
- c) привести к повышению производительности в H & S, меньшему числу инцидентов и связанных с ними последствий;
- d) обеспечить более четкие, более надежные и соответствующие информации H & S для «правильных людей» в 'правильное время';
- e) снизить затраты на строительство и эксплуатацию.

Обмен и использование информации H & S поддерживает:

- 1) представление природы и характеристик проекта, места и построенного актива;
- 2) представление опасностей H & S, рисков и связанных с ними факторы;
- 3) обобщение, распространение и повторное использование H & S знаний и опыта.

Этот PAS применим к отдельным лицам и организациям, которые способствуют и влияют на определение проектирование, строительство,

использование (включая техническое обслуживание) и конец жизни построенного актива.

Этот PAS не определяет или не изменяет обязанности, изложенные в любых соответствующих законодательных положениях.

Этот PAS не распространяется на коммерческие, операционные или политические риски или риски, связанные с угрозами безопасности, связанные с проектами, уже построенных активов, их размещением или персоналом.

В целом стандарт предлагает осуществлять смягчение рисков и последствий (рисунок 1) и предполагает прогрессивную отработку информации в жизненном цикле зданий и сооружений (рисунок 2).

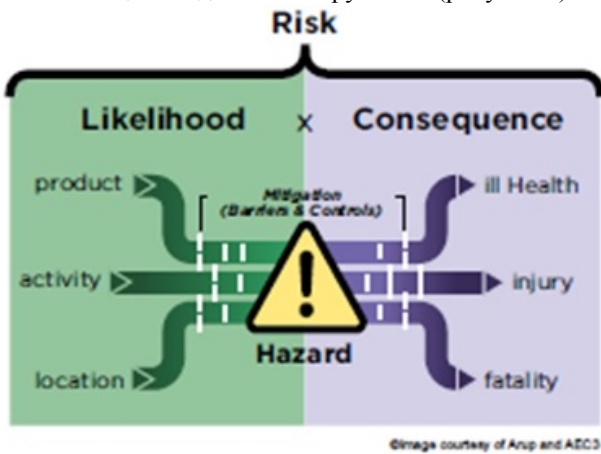


Рис. 1. - Смягчение рисков и последствий (источник – [1])

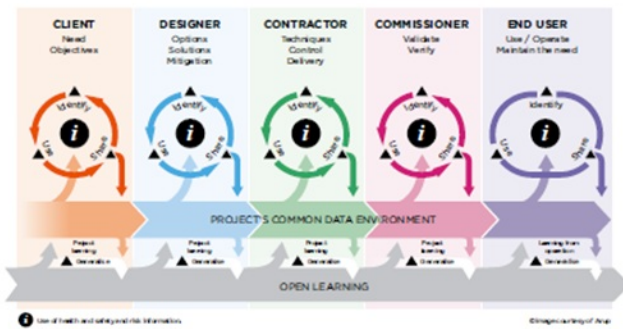


Рис. 2. - Прогрессивная разработка информации Н&S [1]

В этом PAS [1] планируется, что каждый участник процессов на базе BIM стандартов « должен толковать и применять требования, предъявляемые к ним таким образом, чтобы отражает характер и сложность проекта, риски и контрактный объем их услуг. Участник, ответственный за информацию Н & S, на конкретной фазе доставки, должен управлять процессами, связанными с включением информации Н & S в согласованный подход проекта (ВЕР) и информацией требований к обмену в соответствии с любым политиками информационной безопасности» [1].

Информация Н & S должна быть идентифицирована, использована, совместно использована, обобщена и распространена в более широком сообществе и это существенное расширение масштабов применения принципов BIM стандартов фактически на всех

участников процессов строительства и эксплуатации. При этом каждый участник проводит анализ пробелов между их внутренними системами управления, конкретными требованиями проекта, предоставленной информацией и требованиями этого PAS. Участник должен использовать результаты анализа пробелов для принятия или развития заказных стратегий доставки, процедур, процессов или приложений, которые соответствуют и соответствуют требованиям проекта и этого PAS [1]. Каждый участник должен помнить, что Н & S и управление информацией являются независимой дисциплиной, требующих разных навыков, знаний и опыта для эффективного выполнения.

Вместе с тем, именно управление информацией должно стать результатом использования BIM. Для этого каждый участник должен создать надежную структурированную и управляемую систему для записи информации Н & S по всему жизненному циклу активов, позволяя упреждающее управление рисками. Система должна быть спроектирована, структурирована и поддерживаются для предоставления или предоставления Н & S информации, моделей и документов каждому участнику, который хочет или должен использовать Н & S информацию в нужное время во время строительства и при завершении строительства.

Каждый участник должен определить и изложить только соответствующую информацию, необходимую для включения в совместный и эффективный обмен. Использование информации и совместное использование простой структуры для использования с низким уровнем риска не должны быть одинаковой величины для сложного высокого опасного эксплуатационного объекта. Информация не должна быть сгенерированный ради него. Потребность в информации владение и целостность должны соблюдаться.

Цикл информации о рисках согласно [1] таков что каждый участник должен реализовать четыре компонента которые обеспечивают основу и структуру совместного использования информации о рисках Н & S на прогрессивной, итеративной и разделяемой основе жизненного цикла проекта (рисунок 3).

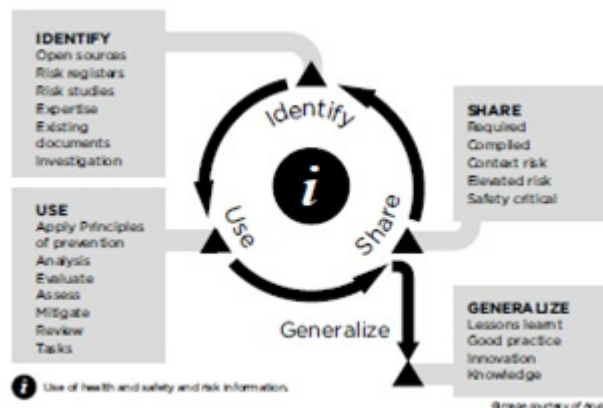


Рис. 3 - Цикл информации о рисках [1]

Следующая информация, связывающая риски с одним или больше источников риска или комбинации источников риска должна предоставляться следующим образом (таблица 1):

а) Ассортимент продукции: общие или конкретные продукты, сборки и материалы, включая производственные процессы;

б) Ассоциации деятельности: общие или конкретные виды деятельности (в строительстве и использовании активов);

в) Ассоциации местоположения: общие или конкретные местоположения, маршрутов и пробелов.

Таблица 1 - Вероятность, последствия и уровень условий оценки риска и описания примеров [1]

Scale	Likelihood	Scale	Consequence	Scale	Level of Risk
Very High	Very probable or repeated	Very High	Catastrophic	Very High	Exceptional, including the highest possible
High	Probable or frequent	High	Severe	High	Above moderate
Moderate	Possible	Moderate	Serious	Moderate	Typical or normal
Low	Unlikely or remote	Low	Marginal	Low	Below moderate
Very Low	Remote	Very Low	Minor	Very Low	Well below moderate including the lowest possible

Собранные данные представляются в формате COBie как и ее обмен (таблица 2). Фактическое использование этой информации в жизненном цикле показано на рисунках 4 и 5. Оно сводится к установлению «правильных» или наиболее безопасных по расчетам рабочих зон (есть довольно много исследований по рабочим зонам, например [20 - 22], которые имеют все шансы быть использованы при практическом применении этого PAS).

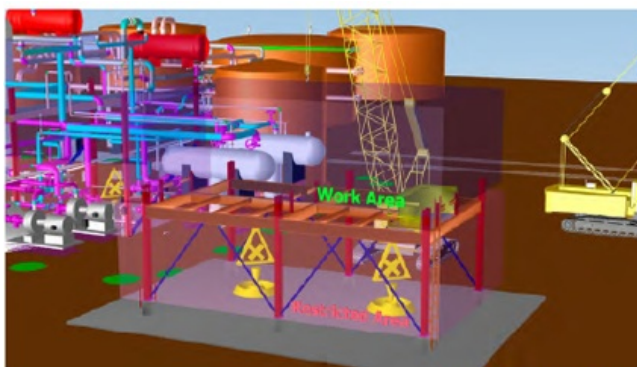


Image courtesy of Synchro Limited

Рис. 4. Использование пространства с присоединенным HS\_Risk\_UK: информационной модели может документировать риски, связанные с местоположением (пространство или полы или регион) [1]

Таблица 2 - Использование листа COBie Facility (транспонированный), указывающий на контекст риска оценка [1]

Column	Facility
Name	B005
CreatedBy	role@company.com
CreatedOn	2017-02-12T11:00:00
Category	En_20_15 : Administrative office entities
ProjectName	P005
SiteName	S005
LinearUnits	millimeters
AreaUnits	squaremeters
VolumeUnits	cubicmeters
CurrencyUnits	Pounds
AreaMeasurement	Indicative
ExtSystem	AEC3 BimServices
ExtObject	IfcProject
ExtIdentifier	1TB8MXIf6BA7E0FPDWY8
ExtSiteObject	IfcSite
ExtSiteIdentifier	1TB8MXIf6BA7E0FPDWYA
ExtFacilityObject	IfcBuilding
ExtFacilityIdentifier	1TB8MXIf6BA7E0FPDWY9
Description	Office building 5
ProjectDescription	Design and construction of new office building 5
SiteDescription	Site 5, North London Redevelopment
Phase	CIC 6 : Handover

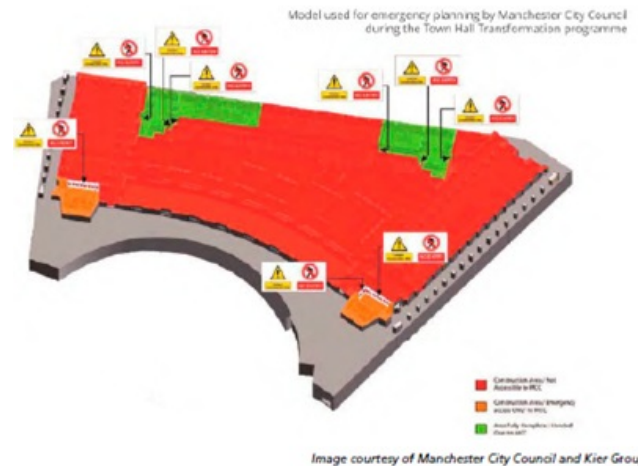


Image courtesy of Manchester City Council and Kier Group

Рис. 5. Использование аннотаций символов риска, используемых для планирования в чрезвычайных ситуациях [1].

### III. ПРИМЕРЫ ПРИМЕНЕНИЯ СТАНДАРТА

Очень многое проясняют в том, как задумывался стандарт [1], примеры из публикации [18]. Приводим лишь некоторые из них.

#### A. ПРИМЕР ИССЛЕДОВАНИЯ 1.

Управление активами лимана Темзы 2100 (TEAM2100 -проект - Агентства по окружающей среде).

Проект Устье Темзы 2100 (Thames Estuary TE2100), во главе с Агентством по окружающей среде, является всеобъемлющим действием, чтобы планировать управление рисками наводнения для приливной Темзы от Теддингтон в Западном Лондоне, до Шевернесса и Шоубери в Кенте и Эссексе в течение следующих 100 лет. Наводнения в устье Темзы увеличиваются. Изменение климата вызывает увеличение уровней в море и реках, и у новых строительных разработок, таких как Олимпийский парк, Canary Wharf и порт Thames Gateway, в пойме растут как риски, так и последствия приливного затопления.

TEAM2100 - 10-летняя программа Агентства по охране окружающей среды для восстановления и замены защиты от приливов и паводков в Лондоне и Темзе, которые включают Барьер Темзы и 350 километров стен против наводнений и набережных, меньших барьеров, насосных станций и ворот для наводнений. Эта система защиты оберегает 1,25 миллиона человек и имущество на 200 миллиардов фунтов стерлингов. TEAM2100 является первым этапом в 100-летней стратегии для реки Темза, и смотрит на потребности устья, как на глобальные факторы, такие как изменение климата, которые влияют на нашу жизнь в ближайшие десятилетия.

Для проекта этой длительности и величины крайне важно, чтобы информация могла совместно использоваться на весь срок действия проекта, а затем продолжала оставаться доступной для будущего обслуживания и обновлений. Этот проект является новаторским в использовании общих данных окружающей среды для сбора информации о средствах защиты от наводнений, для хранения информации о здоровье и безопасности с использованием общего формата COBie, чтобы обеспечить доступность этой информации и в долгосрочной перспективе.

Во время инспекций инфраструктуры, данные записываются на iPad. Далее они загружаются в информационную систему на базе ГИС и становятся доступными для редактирования. Формат ГИС позволяет использовать соответствующую информацию об активе, которую необходимо уловить и связать. Использование COBie для информации о структуре и рисках создает стандарты удобочитаемости и конечного поиска. Ключевая информация при необходимости может повторно использоваться много раз. Это означает, что информация будет доступна, когда это потребуется в будущем.

### 1) Фаза планирования

Информационное моделирование зданий (BIM) и 3D визуальный носитель могут играть важную роль в сокращении риска для здоровья и безопасности во время проектирования и жизненного цикла проекта. Использование методов BIM дает возможность проектной команде визуализировать проект в виртуальной среде на каждом этапе развития, провести интеграцию действий каждого участника работы в модель и улучшить коммуникации среди различных

заинтересованных сторон проекта, таких как проектная группа, субподрядчики, операторы и другие, которые способствуют процессу планирования проекта. В частности, использование BIM облегчает раннее выявление опасных факторов, позволяющих разработчикам устранять или смягчать риски до того как начинается работа. В тех случаях, когда невозможно устранить опасности, работники могут быть подготовлены заранее, и введены соответствующие меры контроля. Аналогично, привязка цифровой модели к графику с добавлением времени и переход на 4D, позволяет отрегулировать последовательность построений в цифровом виде и выявить потенциальные опасности.

### 2) Визуализация

Использование визуальных представлений позволяет более легко понять сложные проблемы строительства и сообщать, обнаруженные коллизии и противоречия, а также проекты и процессы, которые должны быть проверены и создана безопасная среда.

При просмотре 2D планов зданий специалисты в области здравоохранения и безопасности со знаниями и опытом смогут выявлять проблемы и потенциальные риски. Однако интерпретация может быть затруднена сложностью чертежей. 3D-модели устраняют требования для пользователей визуализировать дизайн самим, и обеспечивают удобную и однозначную визуализацию дизайна. Это усиливает процесс, а также позволяет тем, кто не знаком с планами строительства, понять и обсудить все на месте.

Моделирование BIM может быть особенно полезно для старых зданий; где может быть особенно сложно что-то понять из планов, поскольку они часто состоят из нескольких структур и расширений.

Структуры метро также могут быть смоделированы, что позволяет их исследовать таким образом, каким это было невозможно в противном случае. Использование 3D-моделей также означает, что здание можно оценить и обсудить из безопасного места нахождения. Например, крыша может быть оценена без необходимости того, чтобы люди были на высоте.

Последние изменения в методах съемки улучшают возможности визуализации BIM. Например, беспилотные летательные аппараты могут использоваться для захвата аэрофотоснимка места, и эти данные затем могут быть преобразованы к 3D-модели. Это может быть быстрее и дешевле, чем другие методы, а также снижает риск, устраняя требование об опасности для геодезистов (например, на высоте или вблизи опасностей). Эти методы могут также приносить пользу проектам, позволяя вовлеченным сторонам понять непосредственное и окружающее пространство места строительства.

На рисунках 6 и 7 приводятся иллюстрации по проекту TEAM 2100.



Рис. 6. Как будут выглядеть сооружения TEAM 2100 [16]



Рис. 7. Как выглядят документы для сооружения TEAM 2100 [16]

### В. ПРИМЕР ИССЛЕДОВАНИЯ 2. Национальный Грид. Использование BIM в качестве платформы для оценки дизайна и обзора

Информационное моделирование зданий (BIM) и 3D визуального носителя могут играть важную роль в снижении риска для здоровья и безопасности при проектировании и жизненном цикле проекта. При рассмотрении типовых орфографических чертежей (2D-высота и секционные виды) рисунок конструкции и сложность могут часто препятствовать интерпретации и возможности визуализировать дизайн и идентифицировать потенциальный риск. 3D-модель обеспечивает однозначный взгляд на дизайн и позволяет пользователям провести более субъективную и целенаправленную оценку дизайна в отношении своего реального мира.

Такое моделирование позволяет дизайнерам лучше понять опасности в контексте места, позволяет выявлять опасности раньше, и, в идеале, до того, как строительные работы начались.

Во время недавнего обзора дизайна карттера ямы в Экинринге, проведенного Национальным Гридом, 3D-модель объекта была показана представителю службы

охраны здоровья и безопасности во время исследования HAZID, который сразу же отметил, что хотя были предусмотрены защитные лестницы и барьеры (рисунок 8), для дальнейшего снижения риска и для безопасности была необходима закрытая точка доступа (рисунок 9).

При использовании BIM и богатых данных модели как инструмента для поддержки обзора дизайна и анализа безопасности процесса, нарушения могут автоматически идентифицироваться путем применения predetermined правил на основе категоризации компонентов для идентификации области потенциального риска.



Рис. 8. Перила без закрытого доступа [16]



Рис. 9. Перила с закрытым доступом после проверки безопасности на модели BIM [16]

#### 1) Тестирование и моделирование проектных решений

BIM может использоваться для облегчения тестирования и реализации дизайнерских решений. Это позволяет решениям, быть смоделированными,

оцененными и сопоставленными с альтернативными решениями с точки зрения их относительных выгод и рисков. Методы расширенной или виртуальной реальности могут использоваться для создания места строительства в «Безопасной» среде, где риски могут быть исследованы без опасности нанесения вреда рабочим или ресурсам.

Таким образом, строительства можно провести дважды; один раз в виртуальной среде, где могут быть допущены ошибки и различные проекты исследованы, и однажды в реальной среде. Где используется 4D BIM, который включает в себя время в качестве параметра, существующие риски и прогресс, завершающийся до настоящего времени, может оцениваться для разных этапов жизненного цикла проекта.

Опыт показывает, что преимущества BIM на этапе планирования включают:

- Проектные решения могут быть сконфигурированы и оценены, не подвергая риску работников.
- Можно сравнить преимущества, риски и затраты различных решений.
- Работники могут лучше понять проект и его требования и могут планировать будущее более эффективно.
- 3D-визуализация позволяет выявлять проблемы на ранней стадии проекта.
- Столкновения могут быть устранены или смягчены быстро, что снижает риск на месте.
- Модель облегчает совместную работу и ускоряет темпы принятия решений.
- Работники могут получить более полное представление о проекте и предполагаемой последовательности работ.
- Работники могут внести вклад в улучшение плана проекта и снизить риск.
- Жизнеспособность оборудования, сооружений и инфраструктуры может быть проверена до совершения работ.
- Построенные или установочные последовательности могут быть смоделированы и оценены с точки зрения жизнеспособности.
- Можно определить потенциальные проблемы и принять меры для их устранения или смягчения.
- Объекты BIM могут использоваться при планировании безопасности и логистики на месте.

### *С. ПРИМЕР ИССЛЕДОВАНИЯ 3. Проект Бонд-стрит в туннеле до Бейкер-стрит, Транспорт для Лондона*

Участок Юбилейной линии между Бейкер-стрит и Зеленым парком, построенный как Fleet Line в 1970-х годах, испытал ряд проблем с водой, песком и попадание кислоты; и бетонирование, прежде всего, в результате туннелирования через неправильную геологию, проведенную Lambeth Group.

Проект туннеля от Бонд-стрит до Бейкер-стрит,

предпринятый лондонским метрополитеном, занял первое место среди подобных в мире. 200-метровая секция туннельного туннеля с бетонной дорожкой была полностью отремонтирована, в то же время, сохраняя полное обслуживание до 30 поездов в час, работающих при полной рабочей скорости.

Это касалось наиболее сложной проблемы, связанной с конкретными вычленениями тубингов от сегментарного туннеля. Чтобы устранить отслаивание и смягчить риск для будущих операций южный туннель был переделан с кольцами из сферического графитового железа (SGI) над путями. Это был первый случай, когда такой ремонт был проведен в инженерные часы. Около половины перестройки была проведена ночью в стандартные 3,5-часовые технические промежутки. Остаток был проведен за 52 часа. Значительными коммерческими и строительными рисками необходимо было управлять.

Логистическое планирование требовалось с точки зрения транспортировки оборудования, доступа и выхода для людей, а также смены пассажирских часов. Была создана общая среда данных (CDE), которая позволила всем, включая поставщиков и производителей, получить доступ к информации о проекте.

Трехмерное лазерное сканирование использовалось для захвата существующих аспектов туннелей и идентификации любых протечек или растрескиваний в туннельных подкладках. Затем методы моделирования использовали для изучения доступных вариантов проектирования и построения, оценки потенциальные риски, связанных с каждым вариантом.



Рис. 10. Подвижной завод с роботизированной рукой обрабатывающий сегменты [16]



Рис. 11 . Модель BIM для сегмента Юбилейной линии



(Вставка воды повреждение туннельной прокладки)  
(Источник - <https://www.youtube.com/смотреть?v=eN2MBVfHxVI> и [16])

Был разработан план проекта, включающий связь между активами и данными. Этот подход служил тому, чтобы сократить количество посещений места, необходимых для оценки объема ремонтных работ, и каждый «доступ» к месту осуществлялся без необходимости физического посещения. Использование 3D-модели означало, что идеи можно было планировать, строить, вводить в эксплуатацию и тестировать практически. Можно было выбрать и затем предварительно опробовать самые безопасные способы, например, использовать кольца SGI для частичной замены структур туннеля.

Ключевым успехом этого проекта стала разработка специально построенного завода по обработке сегмента (SHP, Harmill Systems), который использует роботизированный подъемный рычаг, прикрепленный к мобильному рабочему блоку, чтобы соответствовать SGI и работать на месте. Использование 3D-модели позволило решить технические проблемы. Использование SHP обеспечило возможность провести безопасный и эффективный процесс переключения всего в пределах ограниченного временем владения путями, предоставляемого каждую ночь. Использование модели VR также позволило провести обучение, тестирование и повысило квалификацию (upskilling) операторов.

В целом, проект был успешно завершён без сбоев в обслуживании и без снижения уровней безопасности рабочей силы или общественности. Работа была завершена через четыре месяца досрочно, при небольших по объемам бюджетах. 15% экономия была получена при планировании и оценке риска. В первую очередь - из-за повышения эффективности и сокращения количества часов, проведенных в туннеле, что уменьшало экспозицию (и, следовательно, риски) для рабочей силы. Детали этого примера показаны на рисунках 10,11,12.

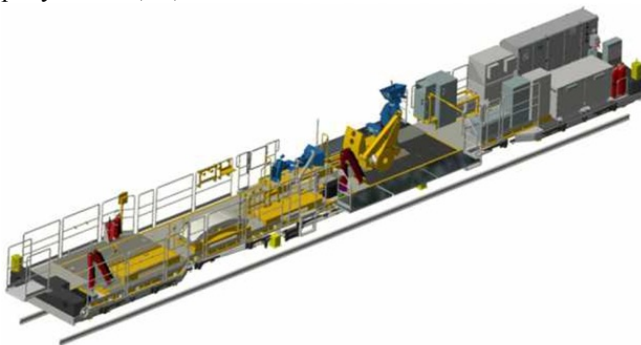


Рис. 12. Модель BIM для робота мобильного рабочего блока [16]

#### *D. ПРИМЕР ИССЛЕДОВАНИЯ 4. Проект модернизации станции Victoria Victoria - Транспорт для Лондона*

Проект модернизации станции Виктории (VSU) был капитальной программой работы на сумму 700 миллионов фунтов стерлингов, предпринятой компанией

London Underground Ltd для уменьшения задержек, улучшения заторов, обеспечения степеней свободы доступа и более быстрых поездов. Новые туннели построены на небольшой глубине в смеси водоносного гравия и лондонской глины, первой из которых требовалась обработка путем струйной затирки для стабилизации грунта и ограничения проникновения грунтовых вод для туннелирования.

A Taylor Woodrow / BAM Nuttall (TWBN) JV получил заказ на дизайн и контракт на сборку и выполнение работ, а Mott MacDonald, как ведущий дизайнер, разработал использование BIM для размещения 2400 проектов колонн из струйного раствора среди существующих коммунальных систем и трубных туннелей. Используя этот подход, Келлер, действуя как специализированный субподрядчик по цементированию, был способен выявить неизбежные «пробелы» необработанного грунта в струйном растворе, который произошел из-за отсутствия доступа к бурению.

Если бы они были не идентифицированы и не обработаны, эти «пробелы» могли бы привести к нестабильности грунта, притоку воды и потенциальному коллапсу туннеля. В частности, в плотной городской среде, такой как район Виктория Лондон. Наступление такого события создает неприемлемые риски; включая непосредственную безопасность персонала подрядчика; ущерб высокоценным коммунальным предприятиям и инфраструктуре, включенной в список наследия; безопасной эксплуатации лондонской подземной железной дороги; безопасности населения с использованием трафика проезжей части над туннелем.

BIM использовался для того, чтобы управлять этим риском во время операции туннелирования, чтобы облегчить безопасное строительство.



Рис. 13. Станция Виктория ведется работы по обновлению ([16] и <https://www.youtube.com/смотреть?v=P60EрYtwM7Y>)

Такой подход допускал корректирующие действия или методы для раскопок через «пробелы», которые должны быть заранее согласованы членами команды операций туннелирования. Во время строительства туннеля мультидисциплинарная модель BIM использовалась ежедневно на совещаниях по раскопкам и поддержке для прогнозирования «пробелов» при прохождении туннеля и разрешения любых

необходимых согласованных движений и ремонтных работ, которые должны быть предприняты для безопасного и стабильного туннеля перед дальнейшим раскопками. Иллюстрации к этому проекту приведены на рисунках 13,14,15,16.

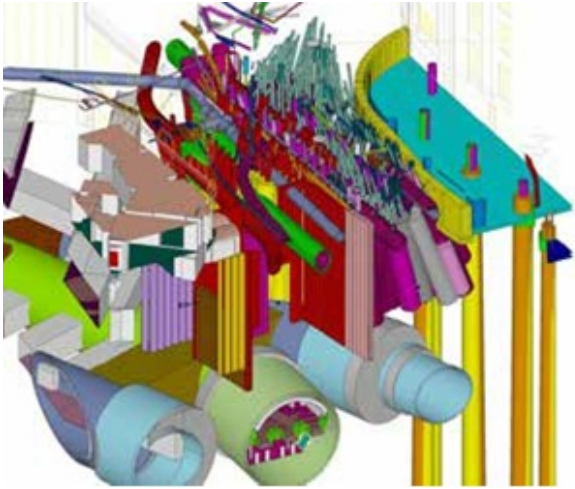


Рис. 14. BIM, используемый субподрядчиком по цементированию для подачи струи для цементного покрова вокруг существующей инфраструктуры [16].

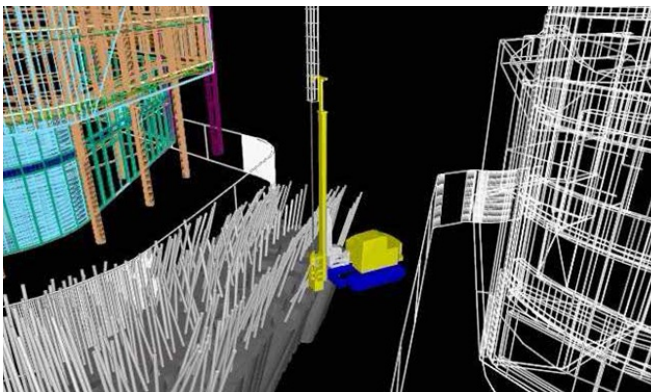


Рис. 15. Модель BIM для оптимального покрытия струйного раствора, защищая существующие инфраструктуры [16]

#### IV. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основным применением [1], как мы видим из практических примеров [18], уже стали крупные инфраструктурные проекты Великобритании и умные города (смотри так же работы [15,35]). В работах WEF [9,10] в 2018 году уже введен термин индустрия инфраструктуры и городского развития (IU), который содержательно выходит в круг самых важных проблем мирового развития.

Индустрия инфраструктуры и городского развития (IU) не смогли внедрить инновации так же быстро, как другие сектора, и в результате получили стагнирующие продуктивности и негативные последствия для экономики, общества и окружающей среды [9]. Постоянная отраслевая нехватка квалифицированных рабочих является одной из основных причин этой проблемы. Это подорвало управление проектами, и это

отрицательно сказывается на стоимости, сроках и качестве. Это также препятствует внедрению новых цифровых технологий, таких как информационное моделирование зданий (BIM), автоматизированного оборудования и облачных инструментов совместной работы, которые могли бы повысить производительность.

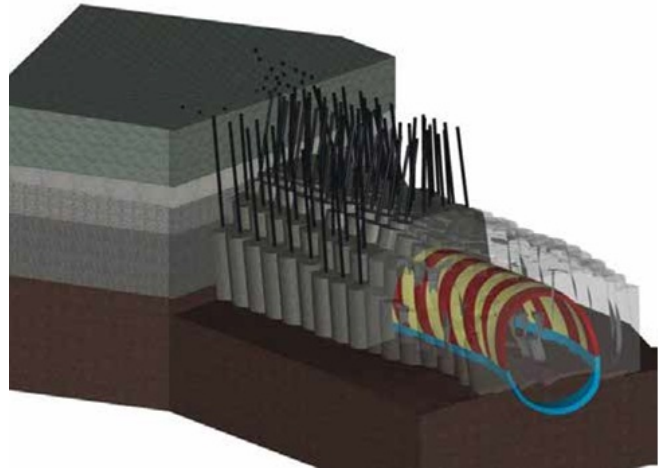


Рис. 16. Концепция создания модели последовательности конструкций для туннелей PAL [16]

Чтобы закрыть недостаток (разрыв) талантов и получить навыки, необходимые для того, чтобы ускорить принятие перспективных новых технологий, ИТ и заинтересованные стороны должны сотрудничать в повышении квалификации работников, привлечение новых талантов к промышленности и продвижении новых технологий [10].

Компании ИТ должны стратегически планировать поставки талантов и спрос, провести улучшения внутреннего обучения и программ развития и внедрять новые технологии для улучшения производительности и удовлетворенности работой. Компании также должны обновить свою культуру работы, чтобы обратиться к молодым работникам и становиться более разнообразными, включая увеличение процента женщин в промышленности.

Именно в этом ключе необходимо рассматривать, в том числе, актуальность применения [1]. Эта актуальность вызвана тем, что производительность труда в условиях применения BIM и цифрового строительства быстро растет, а подготовка новых кадров оказывается гораздо более медленным процессом. Мы подобрали для читателя, как нам представляется, наиболее интересные публикации на эту тематику [23-34], выделив при этом работу, опубликованную в 2015 [24], которая называется – «Дефицит навыков». Уже тогда было рассчитано, что в Великобритании не будет хватать 1,9 млн. инженерных специалистов, среди которых первое место по востребованности занимали специалисты по BIM.

Крис Роган, управляющий директор железнодорожных систем связи из компании Аткинс, прокомментировал это в [24] так: "Мы тратим огромное

количество усилий на разработку наших существующих команд и привлечение новых людей в наш бизнес. Это происходит на фоне дефицита квалифицированных кадров во всей отрасли. Ключевые моменты давления включают, когда убедятся, что у нас есть достаточное Опытные менеджеры инженерные - люди с 10 летним хорошим опытом, который на самом деле могут понять, в чем наши клиенты нуждаются и могут реализовать технически отличные решения. Мы продолжаем делать значительные инвестиции в наших людей, обеспечивая превосходное обучение и возможности, например, посредством наших программ ученичества и сделанных на заказ железнодорожных магистров, а также путем создания наших способностей, привлекать новых людей в отрасль".

Но, к сожалению, скорости подготовки людей к цифровым технологиям начинают запаздывать во всем мире, и в России, которая вступила на пути цифровой экономики и BIM технологии, стоит, как нам кажется, эти обстоятельства учитывать, чтобы избежать уже известных «граблей».

#### БИБЛИОГРАФИЯ

- [1] PAS 1192-6:2018 Specification for collaborative sharing and use of structured Health and Safety information using BIM. BSI 2018
- [2] PAS 1192-5:2015 Specification for security-minded building information modelling, digital built environments and smart asset management. BSI 2015
- [3] BS 1192:2007 + A2:2016 Collaborative production of architectural, engineering and construction information. Code of practice. BSI 2016
- [4] PAS 1192-2:2013 Specification for information management for the capital/delivery phase of construction projects using building information modelling. BSI 2013
- [5] PAS 1192-3:2014 Specification for information management for the operational phase of assets using building information modelling (BIM). BSI 2014
- [6] BS 1192-4:2014 Collaborative production of information. Fulfilling employer's information exchange requirements using COBie. Code of practice. BSI 2014
- [7] BS 8536-1:2015 Briefing for design and construction. Code of practice for facilities management (Buildings infrastructure). BSI 2015
- [8] BS 8536-2:2016 Briefing for design and construction – Part 2: Code of practice for asset management (Linear and geographical infrastructure). BSI 2016
- [9] Shaping the Future of Construction. An Action Plan to Accelerate Building Information Modeling (BIM) Adoption. WEF February 2018 In collaboration with The Boston Consulting Group
- [10] Shaping the Future of Construction. An Action Plan to solve the Industry's Talent Gap .WEF February 2018 In collaboration with The Boston Consulting Group
- [11] The New Production Workforce: Responding to Shifting Labour Demands .WEF January 2018. In collaboration with Accenture.
- [12] Куприяновский В. П. и др. Digital Economy–Smart Working //International Journal of Open Information Technologies. – 2016. – Т. 4. – №. 2. – С. 26-33.
- [13] Куприяновский В. П., Сиягов С. А., Добрынин А. П. BIM-Digital Economy. How to achieve the success? A practical approach to the theoretical concept. Part 1: Approaches and the main advantages of BIM //International Journal of Open Information Technologies. – 2016. – Т. 4. – №. 3. – С. 1-8.
- [14] Куприяновский В. П., Сиягов С. А., Добрынин А. П. BIM-Digital Economy. How to achieve the success? A practical approach to the theoretical concept. Part 2: Digital Economy //International Journal of Open Information Technologies. – 2016. – Т. 4. – №. 3. – С. 9-20.
- [15] Kupriyanovsky V. et al. The new five-year plan for BIM-infrastructure and Smart Cities //International Journal of Open Information Technologies. – 2016. – Т. 4. – №. 8. – С. 20-35.
- [16] Sinyagov S. et al. Building and Engineering Based on BIM Standards as the Basis for Transforming Infrastructures in the Digital Economy //International Journal of Open Information Technologies. – 2017. – Т. 5. – №. 5. – С. 46-79.
- [17] Kupriyanovsky V. et al. Digital sharing economy: technologies, platforms and libraries in industry, construction, transport, and logistics //International Journal of Open Information Technologies. – 2017. – Т. 5. – №. 6. – С. 56-75.
- [18] Improving Health and Safety Outcomes in Construction Making the Case for Building Information Modelling (BIM). Health and Safety Executive (HSE) 07/02/2018
- [19] SAFETY ASSESSMENT TOOL FOR CONSTRUCTION ZONE WORK PHASING PLANS. Final Report. Institute for Transportation Iowa State University May 2016
- [20] Work Zone Safety Performance Measures for Virginia In Cooperation with the U.S. Department of Transportation. Federal Highway Administration Virginia Transportation Research Council March 2016
- [21] Visual Warning System for Worker Safety On Roadside Work-zones. Final Report. Department of Electrical Engineering University of Minnesota Duluth August 2016
- [22] Development of a Navigation System Using Smartphone and Bluetooth Technologies to Help the Visually Impaired Navigate Work Zones Safely. Final Report. February 2014 Published by: Minnesota Department of Transportation Research Services & Library
- [23] ICE Guidance Paper. Intelligent Assets for Tomorrow's Infrastructure: Guiding Principles. CSIC Cambridge Center for Smart Infrastructure & Construction, ICE Institution of Civil Engineers. Published in June 2017
- [24] Skills Deficit. The Consequences & opportunities for UK infrastructure. Atkins 2015
- [25] Transforming Infrastructure Performance. December 2017. © Crown copyright 2017 Produced by the Infrastructure and Projects Authority
- [26] Project Delivery Capability Framework For Project Delivery Professionals in Government. November 2017 (Version 1) Government Project Delivery Profession is part of Infrastructure and Projects Authority.
- [27] Analysis of the National Infrastructure and Construction Pipeline. 6 December 2017. Reporting to Cabinet Office and HM Treasury. © Crown copyright 2017 Produced by the Infrastructure and Projects Authority
- [28] New Technologies Case Study: Data Sharing in Infrastructure. A final report for the National Infrastructure Commission Deloitte Confidential: Public Sector – For Approved External Use November 2017
- [29] Transport Infrastructure Efficiency Strategy .Department for Transport Version 1.0 December 2017© Crown copyright 2017
- [30] Data Driven Infrastructure. From digital tools to manufactured components. Bryden Wood Technology Limited 2017
- [31] T MU MD 00014 GU Multi-Discipline Rail Infrastructure Design Management Version 1.0 Issued date: 17 January 2018. © State of NSW through Transport for NSW 2018
- [32] Infrastructure Asset Managers BIM Requirements .Technical Report No. TR 1010 .Author: Phil Jackson, on behalf of buildingSMART International Infrastructure Room Version 1: published 2018 / 01 / 09
- [33] BIM Knowledge and Skills Framework Issued for Release March 2017Product code: BIM Skills\_2017 Copyright © 2017 Australian Construction Industry Forum and Australasian Procurement and Construction Council
- [34] Transport Infrastructure Skills Strategy: building sustainable skills Moving Britain Ahead © Crown copyright 2016
- [35] Куприяновский В. П. и др. Умная инфраструктура, физические и информационные активы, Smart Cities, BIM, GIS и IoT //International Journal of Open Information Technologies. – 2017. – Т. 5. – №. 10.
- [36] Куприяновский В. П. и др. Развитие транспортно-логистических отраслей Европейского Союза: открытый BIM, Интернет Вещей и кибер-физические системы //International Journal of Open Information Technologies. – 2018. – Т. 6. – №. 2.

# On using structured BIM information to protect the health and safety of workers in construction

Vyacheslav Alenkov, Vasily Kupriyanovsky, Artem Shaklein, Maxim Ovsianikov, Eugene Chebotarev, Dmitry Yartsev, Andrey Kolesnikov

**Abstract—** The article deals with issues related to the use of BIM for safety in construction. The article is devoted to the review of the British standard PAS 1192-6 - Specification of sharing and application of structured information on health and safety with the help of BIM. When planning, designing and building buildings or infrastructure, designers and contractors are required to apply the principles of prevention and mitigate risks to health and safety in the applied design solutions. And this necessarily applies to both end users and employed persons in construction. The specified standard assumes an increase in the use of digital information applications for modeling in the development of design (project). This contributes to the fact that the designer will be able to identify and anticipate hazards and risks in the design ("predictable risk"). Designers will be able to use a variety of applications that allow them to define locations for accurate visualization, to determine the sequence of actions, and this can be realistically demonstrated at the modeling stage.

**Keywords—** BIM, security, occupational health and safety, BSI.