

## **ИНТЕГРАЦИЯ BIM-ТЕХНОЛОГИЙ И МОДЕЛЕЙ ГЕОДИНАМИЧЕСКИХ РИСКОВ НА ТЕРРИТОРИИ ЗАСТРОЙКИ**

*Информационное моделирование в строительстве (BIM-технологии) – новая технология информационного сопровождения строительного объекта. Моделирование строительного объекта позволяет уточнить влияние производимых в нем изменений и рисков, а также определить реальный объём затрат.*

*Ключевые слова: BIM-технология, жизненный цикл, строительство, геодинамические риски, информационное моделирование, территория застройки.*

*V.A. Minaev, A.I. Mohov, A.O. Faddeev, N.A. Kuzmenko*

## **INTEGRATION OF BIM-TECHNOLOGIES AND GEODYNAMIC RISKS MODELS ON BUILDING TERRITORY**

*Building information modeling technology (BIM-technology) is new technology of the building object support. Modeling allows considering influence of changes made and risks as well as determine the real amount of expenses.*

*Key words: BIM-technology, life cycle, construction, geodynamic risks, information modeling, development territory.*

Статья поступила в редакцию Интернет-журнала 16 января 2015 г.

### **Введение**

*Комплексные объекты капитализации (КОК), объединяющие комплексный объект переустройства (КОП) и комплексный объект инвестирования (КОИ), становятся важным направлением формирования обоснованных экономических решений при оценке возможностей внедрения инновационных технологий [1, 2].*

Примером такого применения являются CALS-технологии. CALS – это аббревиатура от английских слов (Continuous Acquisition and Lifecycle Support), что переводится как "непрерывная информационная поддержка поставок и жизненного цикла (продукции)". Эти технологии направлены на значительное сокращение сроков вывода новых изделий в производство.

В табл. 1 слои модели КОК, задействованные во внедрении CALS-технологий, выделены тональной подсветкой. Отметим, что слои 1 и 7 КОК не задействованы в процессе капитализации, поскольку в CALS-технологиях не предусмотрены инвесторы при их развитии.

Объединить все слои КОК (в частности, слой 7 – территория расположения здания) в процессе реализации CALS-технологии представляется возможным в процессе *информационного моделирования зданий – BIM-технологий*. **BIM** – представляет собой аббревиатуру от английских слов (Building Information Modeling).

**Модель модернизации за счёт внедрения CALS-технологий [2]**

<b>Комплексные объекты капитализации (КОК)</b>	
<b>КОП</b>	<b>КОИ</b>
1. Потребитель продукции	Инвестор $\vartheta_7$
2. Продукция (традиционная и инновационная)	Инвестор $\vartheta_6$
3. Оборудование зданий, сооружений	Инвестор $\vartheta_5$
4. Технологическая платформа	Инвестор $\vartheta_4$
5. Здания и сооружения	Инвестор $\vartheta_3$
6. Инженерные и транспортные сети и системы коммуникации зданий и сооружений на территории расположения	Инвестор $\vartheta_2$
7. Территория расположения (географическое положение, безопасность, природные характеристики, климат, человеческие ресурсы и др.)	Инвестор $\vartheta_1$

Идея BIM родилась в 70-х годах XX века и с тех пор активно развивается. BIM-технологии относятся к семейству CALS-технологий, но, в отличие от других представителей этого семейства, оперируют с наглядным (инфографическим) представлением моделей. **Инфографическая модель** – это информационная модель объекта (предмета или процесса), которую задают в терминах геометрии и графики (образы абстрактного пространства, фигуры и тела реального пространства и т.д.). Такое представление позволяет на точное описание формы объекта накладывать различные интерпретации его функционального наполнения.

### **Основные этапы информационного моделирования**

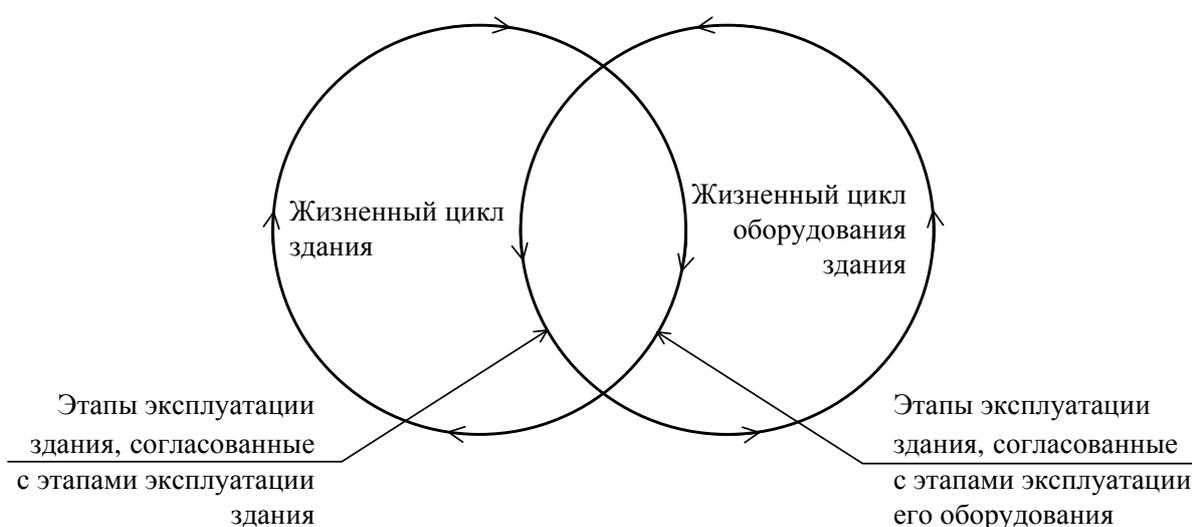
Использование BIM – технологии предполагает работу непосредственно с моделью здания из любого вида (планы, разрезы, спецификации) с возможностью внесения автоматически синхронизируемых изменений. Модель за счёт взаимозависимости всех элементов корректно обновляется и позволяет автоматически формировать актуализированную проектную документацию.

Основными задачами, решаемыми внедрением BIM-технологии, являются:

- повышение качества выпускаемой проектной документации и сокращение сроков проектирования;
- работа с единой базой данных об объекте и получение объективной информации о нем;
- оперирование с наглядной моделью;
- повышение степени координации участников проектного и строительного процесса;
- повышение эффективности используемого программного обеспечения.

Информационное моделирование здания — это новый подход к возведению, оснащению, обеспечению безопасной эксплуатации и ремонта здания (то есть к управлению жизненным циклом объекта). Что предполагает комплексные сбор и обработку в процессе проектирования всей архитектурно-конструкторской, технологической, экономической и иной информации о здании со всеми её взаимосвязями и зависимостями, когда здание и все, что имеет к нему отношение, рассматриваются как единый объект, в нашем случае — это комплексный объект капитализации.

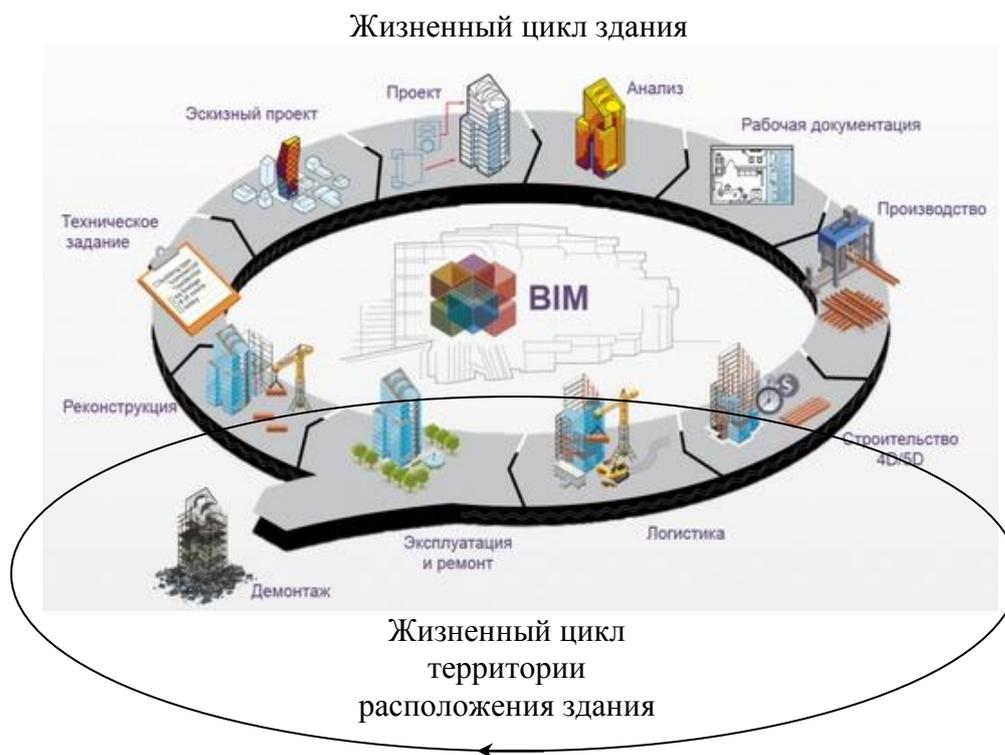
Комплексное объединение жизненных циклов различных взаимодействующих объектов, находящихся в единой системе, представлено на рис. 1.



**Рис. 1.** Модель комплексного объединения жизненных циклов здания и его оборудования

Жизненный цикл здания, обеспеченный BIM-технологиями, представлен на рис. 2 в объединении с жизненным циклом территории.

Посредством создания точной цифровой информационной модели объекта интегрированная информационная *среда общих данных (CDE)* даёт возможность всем участникам инвестиционно-строительного процесса, согласно регламенту, получать нужную информацию об объекте строительства / проектирования / модернизации в любой момент времени. За счёт CDE технология BIM позволяет инвестору контролировать использование и расходование средств на всех этапах реализации проекта здания, а объединение с циклом жизни территории позволяет учесть вносимые изменения характеристик территории перемены в параметрах здания и наоборот.



**Рис. 2.** Модель комплексного объединения жизненных циклов здания и территории его расположения

### Моделирование геодинамических рисков

Территория расположения здания, в зависимости от её географической привязки, климата и других факторов, требует дополнительных исследований для обеспечения его безопасного построения и эксплуатации.

Известно, что в последние годы число опасных крупных техногенных катастроф и опасных природных явлений неуклонно растёт. Риски **чрезвычайных ситуаций (ЧС)**, возникающие в процессе хозяйственной деятельности и глобальных земных изменений, несут значительную угрозу для зданий и сооружений.

Согласно данным Центра "Антистихия" МЧС России [3], наибольший риск обрушения зданий и сооружений прогнозируется на территориях Дальневосточного (Камчатский край, Магаданская, Амурская области, Якутия), Сибирского (Республики Бурятия, Тыва, Алтай, Иркутская область), Уральского (Тюменская область, Ямало-Ненецкий и Ханты-Мансийский автономные округа), Северо-Западного (Архангельская область, Коми), Центрального (Тульская область), Южного (Астраханская область), Северокавказского (Дагестан, Чечня, Ингушетия), Крымского федеральных округов и города Севастополь.

Для определения изменений в зданиях и территориях их расположения используют мониторинг каждого из объектов. Число контролируемых параметров при мониторинге определяется ГОСТ 26433.2-94 и включает в себя группы, каждая из которых содержит десятки параметров, например, линейные разме-

ры, угловые размеры, отклонения от совмещения ориентиров, совпадения осей, симметричности установки, совпадения поверхностей и т.д. Фиксация таких данных определяет изменения в функционировании наиболее уязвимых элементов: строительных конструкций, инженерных сетей и т.д.

Угрозы безопасности также связаны с жизненными циклами здания, сооружения и территории его расположения, с износом инженерных, транспортных сетей и систем коммуникации зданий.

Так, например, по данным [3], **высокий риск обрушения автомобильных мостов** прогнозируется в Башкирии, Кабардино-Балкарии, Ингушетии, Чечне, Республике Алтай, Тыве, Приморском, Алтайском, Краснодарском краях, Тюменской, Магаданской, Калининградской, Архангельской, Кировской, Нижегородской, Пензенской, Оренбургской, Тверской, Северо-Костромской, Орловской, Тульской, Рязанской областях, а также в Москве и Ненецком автономном округе.

Местоположения разрушений зданий и сооружений на конкретной территории могут быть с достаточной точностью определены на основе расчётов с использованием моделей геодинамических рисков. Основная идея, положенная в основу таких моделей, связана с описанием, анализом и оценкой сейсмодеформационных процессов в территориально-динамическом аспекте [4-10].

Основное средство борьбы с угрозами такого рода заключается в проведении мониторинга каждого из названных объектов. Причём результатом мониторинга может стать принятие решения об укреплении территории расположения здания, фундамента здания, усилении конструкции здания путём применения современных технологий модернизации строительных объектов. В частности, может быть применена **технология "интеллектуального здания"**, на основе которой организуется структурированная система мониторинга и управления инженерным оборудованием. Эта система должна обеспечивать контроль следующих основных дестабилизирующих факторов:

- нарушений в системе отопления, подачи холодной и горячей воды, вызванные выходом из строя инженерного оборудования на центральных тепловых пунктах, в котельных, а также авариями на трубопроводах и неисправностями в приборах отопления;

- нарушений в подаче электроэнергии;
- отказов в работе лифтового оборудования;
- возникновения пожароопасных ситуаций;
- повышения уровня радиационных и отравляющих веществ;
- затопления помещений, дренажных систем и технологических приемков;

- утечки газа;
- отклонений от нормативных параметров производственных процессов, способных привести к возникновению чрезвычайных ситуаций.

Выявление названных факторов обуславливает принятие решений об оперативном отключении неисправного участка системы инженерных коммуникаций и осуществлении работ по устранению неисправности и восстановлению утраченной функции здания.

Организационно-технологические решения, направленные на сохранение и восстановление функций зданий, сооружений на этапе переустройства, должны предусмотреть применение средств защиты функционального ресурса здания, контроля параметров технологического процесса, обеспечивающего аварийное отключение оборудования, остановку технологического процесса и своевременное получение информации о возникновении опасных ситуаций.

В работе [2] рассмотрен все более расширяющийся в применении вид мониторинга – комплексный. **Комплексный мониторинг (КМ)** при эксплуатации здания и территории его расположения – технология выявления системных изменений в функционировании каждого из этих объектов. При этом как территория расположения здания зависит от места её географической привязки, гидрологических особенностей почвы, климата и других факторов, так и проект здания и его реализация зависят от изменений характеристик территории.

КМ представлен системным объединением различных мониторингов с применением технологий ВМ, позволяющих системно подойти к определению состояния внешней среды здания и территории его расположения и сделать достоверный вывод о прогнозе их функционировании в составе комплексного объекта переустройства.

### **Геоинформационные системы**

Заметим, что технология ВМ облегчает создание **Геоинформационной системы (ГИС)**, которая способна оперировать максимально подробной информацией об указанных слоях и поддерживать принятие инвестиционных безопасных решений.

Разработка ГИС дает возможность инвесторам иметь точное представление о готовности слоёв КОП к вложениям материально-финансовых средств. При этом каждый инвестор может по отдельности инвестировать только в свой переустраиваемый слой, однако в итоге вся модель КОК, наполняясь информацией по слоям, позволит иметь точное представление о состоянии КОП к инвестициям.

Формирование пространственной информации о каждом из слоёв КОК ВМ-технология позволяет наряду с традиционными методами геодезических изысканий применять высокопроизводительные измерительные системы наземного и воздушного мобильного лазерного сканирования, которые на сегодняшний день являются одними из самых эффективных методов сбора и регистрации пространственных данных. Результатом лазерного сканирования являются облака точек, которые наряду с другими источниками информации об объекте модернизации (чертежи, рисунки, фотографии, видео, имеющиеся базы данных и др.) являются исходными данными для создания информационных моделей слоёв КОП, а также геодинамических моделей рисков строительства и модернизации.

На сегодняшний день без дополнительного инвестирования в разработку специализированного ПО, в дополнение к существующему на рынке, задействовать все слои КОП и построить адекватные модели геодинамических рисков не представляется возможным. BIM-технология делает возможным в краткосрочной перспективе решить локальные задачи по каждому из слоёв модели КОП, а в долгосрочной – задействовать все слои КОП.

В России за последние пять лет технология информационного моделирования в области строительства и проектирования гражданских и промышленных объектов получила широкое распространение. Все больше компаний, как государственных, так и частных, вкладывают средства в модернизацию своих активов для внедрения технологии BIM на всех этапах жизненного цикла сооружения. Технология BIM получила поддержку и на государственном уровне: принят план поэтапного внедрения технологий BIM в области промышленного и гражданского строительства, утверждённый приказом Министра России № 926/пр. от 29 декабря 2014 г.

Представляется, что системное объединение возможностей BIM-технологий и моделей геодинамических рисков даст возможность на принципиально новом уровне проектировать, строить и эксплуатировать современные здания и сооружения, осуществлять мониторинг их безопасности.

#### Литература

1. **Светлаков В.И., Мохов А.И.** Модель цикла комплексного развития территории / Наукоедение. № 2 (11). 2012.
2. **Мохов А.И.** Модели модернизации промышленных предприятий // В кн. Инновационные процессы в российской экономике: коллективная монография / Под ред. Веселовского М.Я., Кировой И.В. М.: изд-во "Научный консультант". 2016. 340 с.
3. <https://news.mail.ru/incident/24408983/?frommail=1>.
4. **Минаев В.А., Фаддеев А.О., Топольский Н.Г.** и др. Моделирование геодинамических рисков в чрезвычайных ситуациях. Хабаровск: изд-во ДВЮИ МВД России, 2014. 123 с.
5. **Минаев В.А., Фаддеев А.О., Топольский Н.Г.** и др. Строительство без катастроф: учёт геодинамических рисков // Технологии техносферной безопасности. Вып. 2 (54). 2014. С. 141-149. <http://ipb.mos.ru/ttb>.
6. **Минаев В.А., Фаддеев А.О., Абрамова А.В.** Разломно-узловая тектоническая модель оценки геодинамической устойчивости территориальных систем // Проблемы управления рисками в техносфере. 2014. № 1 (29). С. 90-99.
7. **Минаев В.А., Фаддеев А.О., Абрамова А.В., Павлова С.А.** Обобщенная вероятностная модель для оценки геодинамической устойчивости территорий // Технологии техносферной безопасности. Вып. 5 (51). 2013. С. 195-205. <http://ipb.mos.ru/ttb>.
8. **Минаев В.А., Фаддеев А.О., Данилов Р.М.** Математическое моделирование рисков геодинамического происхождения // Спецтехника и связь. 2011. № 1. С. 48-52.
9. **Минаев В.А., Фаддеев А.О.** Моделирование геоэкологического риска // Спецтехника и связь. 2009, № 2. С. 24-30.
10. **Минаев В.А., Фаддеев А.О., Бондарь К.М. и др.** Математическое моделирование геодинамических рисков: оценки и перспективы. Хабаровск: Дальневосточный юридический институт МВД России, 2015. 212 с.