

УДК 658.512:69

DOI: <https://doi.org/10.31659/0044-4472-2019-4-47-55>

А.Н. ГАЙДО, канд. техн. наук (gaidoan@mail.ru)

Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет
(190005, г. Санкт-Петербург, ул. 2-я Красноармейская, 4)

Информационное моделирование здания (BIM) с учетом технологических параметров при производстве работ нулевого цикла

Анализируются методики информационного моделирования здания (BIM). Показано, что на различных стадиях проектирования и эксплуатации зданий они достаточно отработаны. Известен положительный опыт применения таких методик с подготовкой большого объема регламентирующих документов, которые при разработке отечественных нормативов можно принять за основу. Однако при комплексном построении единой цифровой модели здания информация, содержащая сведения о различных технологических показателях производства работ, практически не используется. Показано, что включение в общую цифровую модель информационных блоков со значениями технологических показателей имеет существенное практическое значение как на стадии строительства, так и при эксплуатации зданий и сооружений. На примере современных технологий устройства свайных фундаментов обоснована актуальность анализа таких показателей, которые следует учитывать при решении различных задач на стадиях строительства и эксплуатации. Получаемая информация будет необходима в случае анализа возможных причин возникновения деформаций конструкций фундаментов, при проведении реконструкции здания, связанной с повышением нагрузок на грунты основания и т. п. Для решения поставленной задачи автором выполнен анализ технологических показателей, характерных для различных способов производства работ при устройстве свайных фундаментов по степени их влияния на качество конструкций фундаментов. Обоснован состав комплекта технического оборудования, позволяющий в производственных условиях оперативно фиксировать, сохранять и передавать эти показатели техническому заказчику в виде информационных блоков для дальнейшего моделирования жизненного цикла здания. Представлена структурная схема взаимодействия различных участников строительства при сборе и обработке указанной информации для ее дальнейшего внедрения в единую систему BIM.

Ключевые слова: цифровая модель строительства, BIM, сваи, свайные фундаменты, качество, моделирование жизненного цикла здания.

Для цитирования: Гайдо А.Н. Информационное моделирование здания (BIM) с учетом технологических параметров при производстве работ нулевого цикла // *Жилищное строительство*. 2019. № 4. С. 47–55.
DOI: <https://doi.org/10.31659/0044-4472-2019-4-47-55>

A. N. GAIDO, Candidate of Sciences (Engineering) (gaidoan@mail.ru)

Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering (4, 2nd Krasnoarmeiskaia Street, Saint Petersburg, 190005, Russian Federation)

Building Information Modeling (BIM) with Due Regard for Technological Parameters of Zero Cycle Works

The article presents an analysis of building information modeling (BIM) methods. It is shown that such methods are elaborated enough for different stages of building design and operation. There is a positive experience in the use of such techniques with the preparation of a large volume of regulatory documents that can be taken as a basis for the development of domestic standards. However, at the complex construction of a single digital model of the building the information containing the data about the various technological indicators of work execution is practically not used. It is shown that the inclusion of information blocks with the values of technological parameters into the unified digital model is of significant importance both at the construction stage and during the operation of buildings and structures. The relevance of analyzing such parameters, which should be taken into account when solving various tasks at the construction and operation stages, is justified on the example of modern pile foundation technologies. The information obtained will be necessary when analyzing possible causes of foundation construction deformations during building reconstruction associated with increased loads on foundation soils, etc. To solve this problem, the author analyzes various technological parameters typical for various methods of works during construction of pile foundations in terms of their influence on the quality of foundation constructions. The composition of the set of technical equipment, making it possible under the production conditions to quickly record, store and transmit these indicators to the technical customer in the form of information blocks for further modeling of the life cycle of the building, is justified. In the conclusion, the author presents a structural diagram for the interaction of various construction participants during information acquisition and processing for its further implementation in a unified BIM system.

Keywords: digital model of construction, BIM, piles, pile foundations, quality, simulation of building life cycle.

For citation: Gaido A.N. Building information modeling (BIM) with due regard for technological parameters of zero cycle works. *Zhilishchnoe Stroitel'stvo* [Housing Construction]. 2019. No. 4, pp. 47–55. DOI: <https://doi.org/10.31659/0044-4472-2019-4-47-55> (In Russian).

Термин BIM появился в лексиконе российских специалистов сравнительно недавно, хотя сама концепция компьютерного моделирования стала развиваться с конца XX в. при проектировании посредством активно развивающихся CAD-технологий.

В конце 1980-х Роберт Эйш (Robert Aish) – создатель программы RUCAPS, затем в течение длительного периода сотрудник Bentley Systems и Autodesk, в своей статье впервые использовал термин «Building Modeling» в его нынешней трактовке информационного моделирования зданий (<https://ardexpert.ru/article/4047>).

Но, что более важно, он тогда же впервые сформулировал основные принципы этого информационного подхода в проектировании: трехмерное моделирование; автоматическое получение чертежей; интеллектуальная параметризация объектов; соответствующие объектам базы данных; распределение процесса строительства по временным этапам и т. д.

В современной практике отечественного проектирования используется общепринятое определение: «BIM (Building Information Modeling или Building Information Model) – процесс информационного моделирования здания или его соответствующая модель. Под информационным моделированием понимается подход к возведению, оснащению, обеспечению эксплуатации и ремонту здания (к управлению жизненным циклом объекта), который предполагает сбор и комплексную обработку в процессе проектирования всей архитектурно-конструкторской, технологической, экономической и иной информации о здании со всеми ее взаимосвязями и зависимостями...» (<https://ru.wikipedia.org/wiki/BIM>).

С учетом этого определения известна следующая классификации этой системы [1, 2], основанная на количестве уровней информационного моделирования (рис. 1, а):

2D – традиционная практика разработки проектной документации в виде двухмерных чертежей на бумаге или электронных носителях, не подразумевающая одновременной работы над несколькими разделами проекта;

3D – работа выполняется в среде трехмерного моделирования, при которой каждый объект в цифровой базе данных содержит информацию о количественных и качественных характеристиках. Это позволяет выполнять совместную разработку проекта в единой информационной среде. Двухмерные чертежи получают автоматически на основании выполненной модели;

4D – 3D-модель с учетом добавления блока информации о времени и этапах возведения реализации объекта. Получаемую информацию используют при разработке и оптимизации календарных планов строительства;

5D – то же с показателями стоимости для анализа и управления затратами. Это позволяет в автоматическом режиме разрабатывать сметную документацию;

6D – то же с показателями энергопотребления при возведении и эксплуатации здания, а также при необходимости его утилизации;

7D – к предыдущему уровню добавляют показатели управления жизненным циклом здания, полученную информацию используют при техническом обслуживании здания.

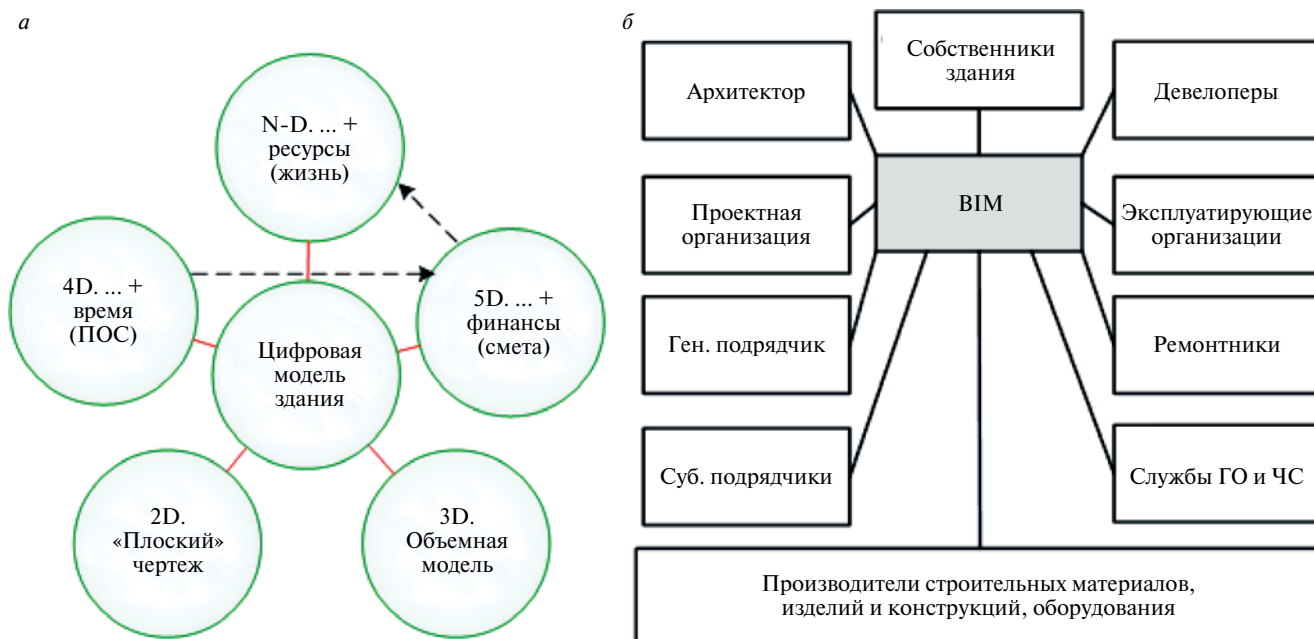


Рис. 1. Уровни информационных моделей жизненных циклов здания (а) и структура участников жизненного цикла здания, для которых необходимо использовать модель здания BIM (б)

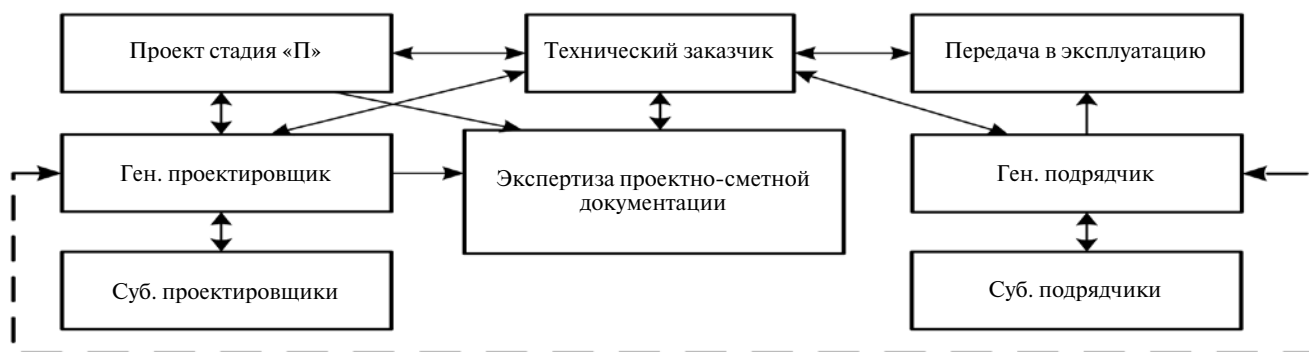


Рис. 2. Структурная схема взаимодействия при обмене информацией на всех жизненных циклах объекта с применением средств BIM

На вопрос, почему в современных условиях при проектировании и эксплуатации зданий и сооружений многие переходят на принципы информационного моделирования, можно обратиться к опыту Великобритании, когда более десяти лет назад при строительстве объектов, финансируемых за счет бюджетных средств, была получена экономия ресурсов 30% [3].

Кроме того, автором выполнен анализ факторов, влияющих на указанное снижение стоимости строительства:

- автоматическое создание спецификаций и строительных смет, календарных планов строительства;
- сокращение временных затрат при проектировании, анализе и корректировке различных разделов проекта;
- снижение риска возникновения ошибок при проектировании и затрат на их устранение на стадии строительства;
- сокращение трудозатрат на реализацию проекта на стадии строительства с учетом поставки материалов и оборудования;
- снижение затрат на содержание штата сотрудников, выполняющих оперативный контроль за реализацией возведения здания;
- снижение затрат на эксплуатацию здания и планирование проведения текущих и капитальных ремонтов здания при правильном определении экологических, энергетических, экономических и многих других его параметров.

С учетом этих факторов создана программа по внедрению указанных технологий в строительную практику. В настоящее время реализуется этап, подразумевающий разработку методических рекомендаций и обязательный переход на применение технологий информационного моделирования при проектировании, строительстве и эксплуатации объектов, создаваемых за счет бюджета РФ [4, 5].

На рис. 1, б представлены основные пользователи информационной модели зданий для всех жизненных циклов существования здания, от его проектирования до демонтажа [6].

С учетом представленной структуры следует, что основные пользователи модели – это собственники здания, которые получают необходимую информацию для осуществления безопасной жизнедеятельности в пределах конструктивных элементов здания и прилегающих к нему территорий.

В дополнении к этой схеме на рис. 2 представлена схема взаимодействий и обмена информационными блоками между членами строительства и проектирования объекта [7–9].

С учетом рис. 2 следует, что подрядные организации, непосредственно осуществляющие производство работ, находятся в определенном информационном вакууме и их обмен информацией замкнут только на генподрядчике. Не происходит оперативного обмена с другими участниками строительства, в частности с проектной организацией, что может приводить к потере качества работ при непосредственном производстве работ. При устройстве свайных фундаментов возможны следующие негативные факторы, влияющие на качество фундаментов:

- недопогружение или недостижение сваей несущего слоя грунта;
- при достижении указанного слоя не обеспечиваются проектные технологические параметры в виде отказа, усилия вдавливания сваи или буровых труб, момента вращения труб;
- значительные отклонения свай в плановом положении под несущими стенами, особенно по периметру здания и другими нагруженными элементами;
- уход в слои грунта бетонной смеси в объеме, превышающем 30% от геометрического, или массовое разрушение свай заводского изготовления.

Например, при возникновении отклонений от проектной документации в части использования материалов, при выявлении недопустимых отклонений в размерах выполняемых конструкций для решения проектных вопросов необходимо выполнить следующий путь согласований: подрядчик – генеральный подрядчик – служба технического надзора заказчика – авторский надзор генпроектировщика – проектная организация, выполняющая конкретный раздел

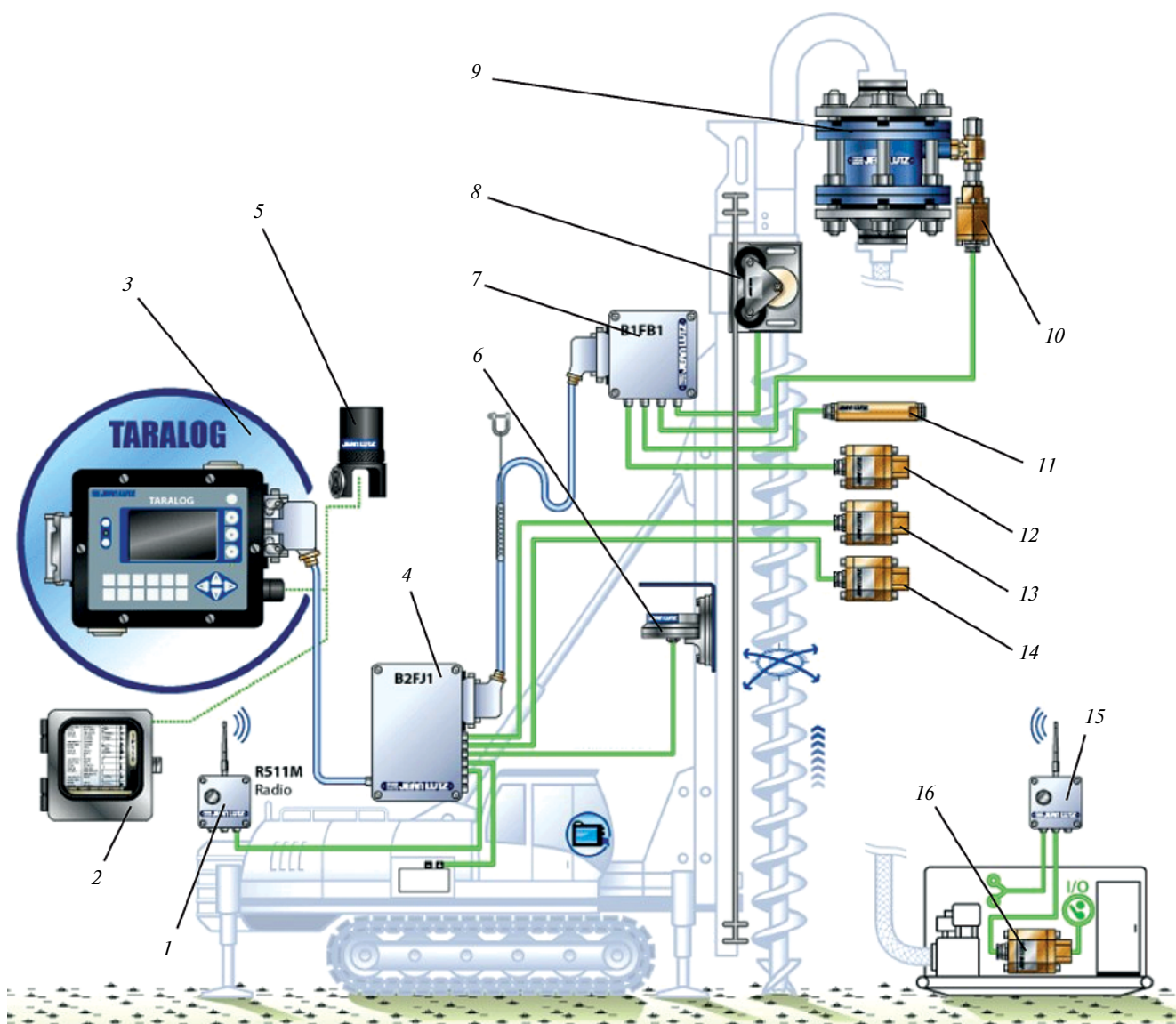


Рис. 3. Схема расположения измерительной аппаратуры на буровой установке для контроля технологических параметров при устройстве буровых свай по технологии проходного шнека: 1 – радио-транслятор; 2 – портативный принтер; 3 – бортовой компьютер с возможностью подключения карты памяти; 4 – распределительный блок; 5, 7 – блок передачи данных; 6 – датчик контроля угла наклона мачты (инклинометр); 8 – то же значений глубины погружения шнека; 9 – то же значений объема подачи бетонной смеси; 10 – то же значений скорости вращения шнека; 11 – то же значений вращательного момента; 12 – то же, датчик, установленный на клапане давления гидравлической системы; 13 – то же, датчик на клапане сброса давления; 14 – то же, датчик контроля хода поршня бетононасоса

документации и т. п. При производстве работ нулевого цикла такая схема на практике приводит к затягиванию сроков по принятию проектных решений и приводит к потере качества возводимых конструкций.

Анализ представленного материала позволяет заключить, что в практике современного строительства система построения цифровых моделей с привлечением различного вида информации достаточно разработана, документирована и прошла практическую апробацию. Это позволяет даже при наличии минимального опыта работы с такими моделями пройти соответствующее обучение персонала или принять в разработку существующие регламенты, изучить опыт

внедрения на основании публикаций и отчетов, а не разрабатывать и внедрять собственные материалы, что называется, с чистого листа.

При этом в части включения в единую цифровую модель информации о производственных показателях работ нулевого цикла (устройство свайных фундаментов) таких наработок практически не существует. Однако потребность в такого рода обработке, анализе и передаче информации существует, причем крайне актуальна с точки зрения задач контроля качества работ таких ответственных конструкций, как устройство свайных фундаментов, что напрямую требуется действующим законодательством в части обеспечения

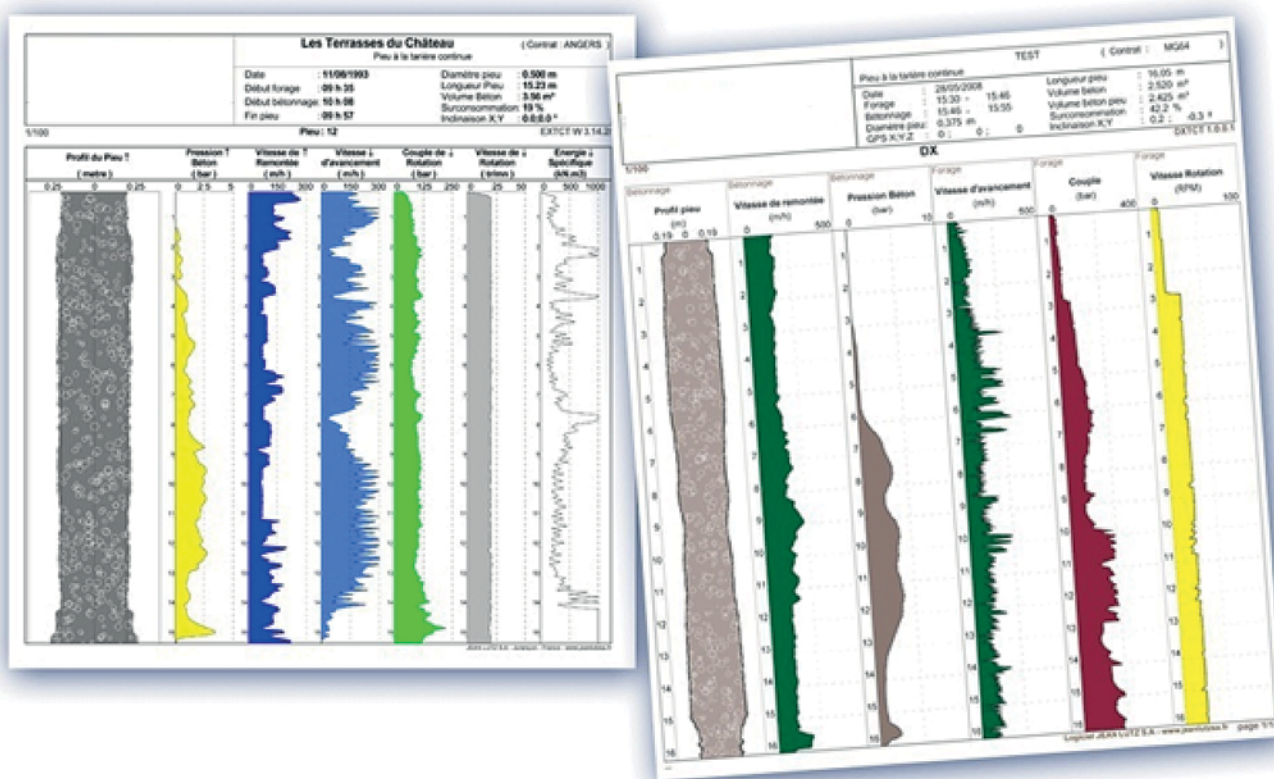


Рис. 4. Графики изменения технологических параметров устройства буронабивной сваи в единой системе координат по глубине погружения

безопасности возводимых зданий и сооружений [10]. На стадии эксплуатации уже возведенного объекта эта информация необходима при анализе причин возникновения различных деформаций конструкций, при необходимости проведения ремонтов и реконструкций, связанных с повышением нагрузок на основания.

Рассмотрим предпосылки для создания методик включения указанных элементов в единую информационную модель здания. Следует отметить, что в настоящее время отлаженной системы передачи исполнительной документации в виде блоков цифровой модели строительства не существует. В настоящее время все специальные журналы устройства свай (бурения, бетонирования скважин с погружением арматурных каркасов) ведутся преимущественно в ручном виде, а ведомости, которые как их расшифровка, выполняются в виде электронных таблиц. На основании подписанного договора подряда эти документы передаются в бумажном виде в количестве трех-пяти экземпляров генеральному подрядчику. Если требуется передача документов в электронном виде, то это преимущественно выполняют в виде сканированных копий, в форматах, не подлежащих дальнейшему преобразованию. Единственное что выполнено в части продвижения идеологии цифровой модели, это передача исполнительных схем планового положения свай с их фактическим расположением относительно проектного. Их получают

посредством расшифровки массивов данных в виде координат, получаемых при передаче из блока памяти тахеометров.

В этой связи назовем необходимые организационные и технические решения для внедрения системы:

1. Оснащение машин системами контроля и информационными датчиками.

2. Создание единого интерфейса обмена данными со всеми участниками строительства или выбор оптимального решения из существующих.

3. Создание или внедрение в существующую систему цифровой проектной документации в виде модели и оперативный доступ к ней субподрядных организаций с подключением к базам данных по инженерно-геологическим изысканиям.

4. Ввод новой должности в подрядной организации инженеров-менеджеров по обработке информации, получению ее от заказчика или проектировщиков, подготовке и контролю информации от линейных работников для ее дальнейшей передачи.

5. Разработка или утверждение стандарта передачи данных между участниками процесса: подрядная организация → служба технического надзора заказчика → служба авторского надзора → генпроектная организация → главный конструктор проекта.

6. Организация обучения линейных работников и машинистов буровых установок по ведению и передаче исполнительной документации в электронном виде.

№ п/п	Технология устройства свайного фундамента	Наименование технологических параметров
Погружение свай заводского изготовления		
1	Забивка	Глубина погружения, м
		Частота ударов на метр погружения свай, уд/м
		То же, количество ударов
		Масса ударной части молота, т
		Высота подъема ударной части молота
		Отказ, см
		Ходограмма погружения свай, устройства стыков, мин/м
		Всего параметров – 7
2	Забивка в предварительно пробуренные скважины	То же, как в п. 1
		Глубина бурения, м
		Диаметр бурения, м
		Режим бурения – рыхление / с извлечением грунта
		Всего параметров – 10
3	Вдавливание [11]	Глубина погружения, м
		Распределение усилия вдавливания по глубине погружения, кН
		Ходограмма погружения свай, устройства стыков, мин/м
		Всего параметров – 3
4	Вдавливание в предварительно пробуренные скважины	Всего параметров – 6 (см. п. 2 и 3)
Устройство буронабивных свай		
5	Технология проходного шнека	Глубина бурения, м
		Диаметр бурения, м
		Распределение объема подаваемой бетонной смеси, м³/м
		То же, фактический объем, подаваемый в скважину, м³
		Давление бетонной смеси при ее подаче на забой, МПа
		Момент вращения бурового инструмента, кН/м
		То же, скорость погружения, м /мин
		То же, усилие при погружении, кН/м
		Объем извлекаемого грунта, м³
		Глубина погружения арматурного каркаса, м
		Всего параметров – 10
6	Сваи вытеснения	Глубина бурения, м
		Диаметр бурения, м
		Распределение объема подаваемой бетонной смеси, м³/м
		То же, фактический объем, подаваемый в скважину, м³
		Всего параметров – 4

№ п/п	Технология устройства свайного фундамента	Наименование технологических параметров
6	Сваи вытеснения (продолжение)	Давление бетонной смеси при ее подаче на забой, МПа
		Момент вращения бурового инструмента, кН/м
		То же, скорость погружения, м/мин
		То же, усилие при погружении, кН/м
		Глубина погружения арматурного каркаса, м
		Всего параметров – 9
7	Сваи, устраиваемые с теряемым наконечником (типа Фундекс, Омега, Атлас и т. п.)	Глубина бурения с учетом глубины отделения бурового наконечника, м
		Диаметр бурения, м
		То же, фактический объем, подаваемый в скважину, м³
		Момент вращения бурового инструмента, кН/м
		То же, скорость погружения, м/мин
		То же, усилие при погружении, кН/м
		Глубина погружения арматурного каркаса, м
		Всего параметров – 9
8	Устройство буровых свай под защитой обсадных труб	Глубина бурения, м
		Диаметр бурения, м
		Фактический объем, подаваемый в скважину, м³
		Момент вращения бурового инструмента, кН/м
		То же, скорость погружения, м/мин
		То же, усилие при погружении, кН/м
		Объем извлекаемого грунта, м³
		Глубина погружения арматурного каркаса, м
		Параметры используемого бурового раствора (плотность), т/м³
		Момент вращения при погружении обсадных труб, т/м
		Всего параметров – 10
9	Набивные сваи типа «симплекс», «вибрекс» и т. п.	Глубина бурения с учетом глубины отделения бурового наконечника, м
		Диаметр бурения, м
		То же, фактический объем, подаваемый в скважину, м³
		Частота ударов на метр погружения суровой трубы, уд/м
		Масса ударной части молота, т
		Высота подъема ударной части молота
		Глубина погружения арматурного каркаса, м
		Всего параметров – 8

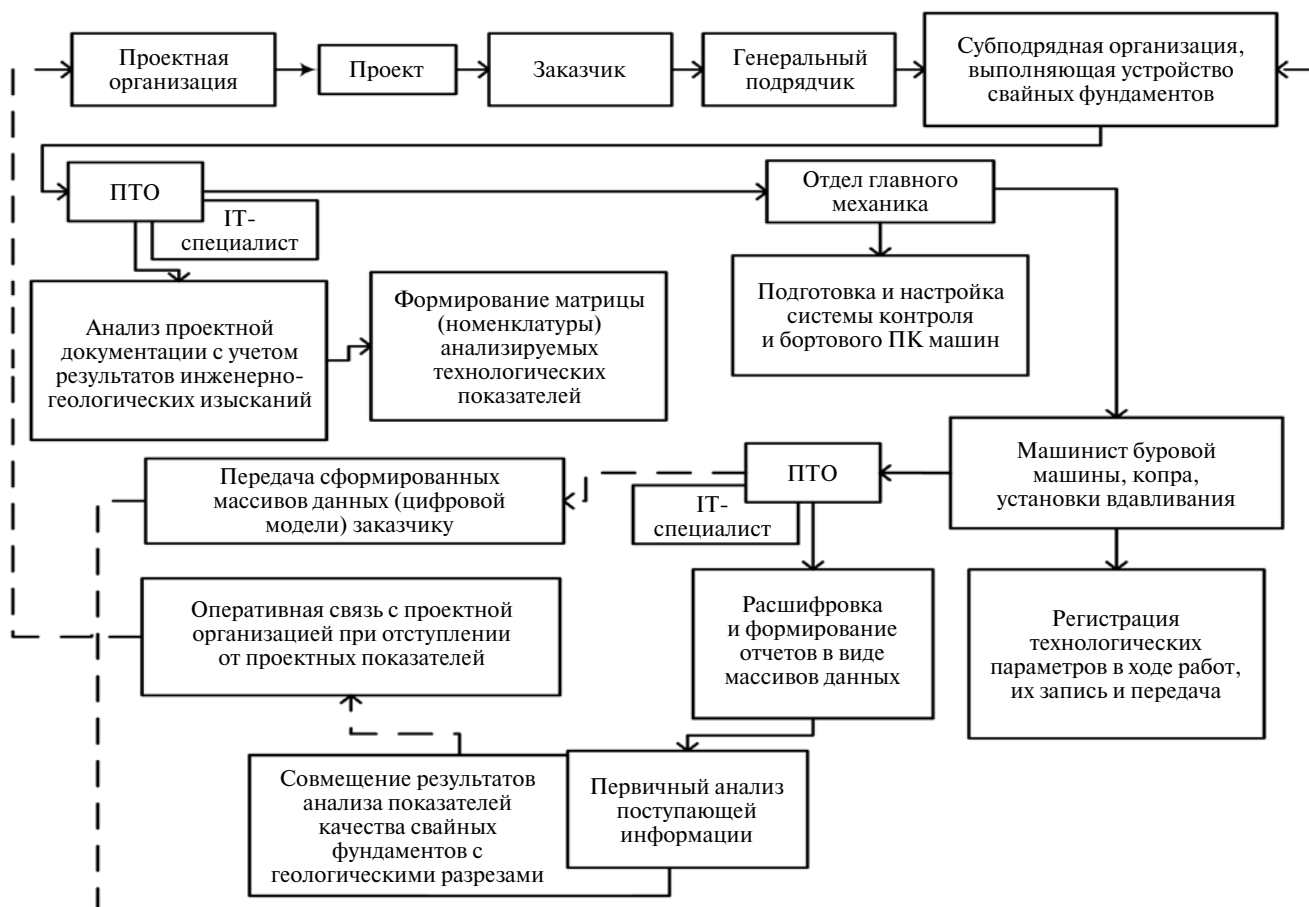


Рис. 5. Этапы жизненного цикла и прохождения цифровых моделей при производстве работ нулевого цикла

7. Анализ и установка набора технологических параметров, необходимых для передачи в проектные организации.

8. Закрепление в проектно-сметной документации организационных схем взаимодействия между всеми участниками процесса при передаче указанной информации.

9. В автоматическом режиме или оперативно на строительных объектах заносить в электронные формы значения различных технологических показателей работ. Вести практику электронной подписи линейных работников, подготавливающих исполнительную документацию, чтобы узаконить исходящие версии документов и не допустить распространение некорректных их версий.

Для решения представленных задач для различных современных технологий устройства свайных фундаментов представим различный набор технологических параметров, которые следует отображать и представлять в электронном виде для дальнейшего анализа в структуре общей цифровой модели здания. Их номенклатура представлена в таблице.

Для всех технологий следует вести оперативную съемку планового и высотного положения выполнен-

ных свай (в абсолютных координатах) посредством электронных тахеометров.

Параметры, представленные в таблице, следует фиксировать производителями работ в единой электронной форме на ПК или полностью в автоматическом режиме. В настоящее время их записывают в рукописном виде в специализированных журналах, а затем по завершении всех работ фрагментарно переносят в электронный вид. Автоматической фиксации и дальнейшей передачи указанных данных в настоящее время не существует.

Следует отметить, что при современном развитии строительных технологий и измерительной аппаратуры существуют предпосылки для оперативного контроля и анализа представленных в таблице параметров. На рис. 3 представлена схема расположения измерительной аппаратуры на буровой установке для контроля технологических параметров при устройстве буровых свай по технологии проходного шнека (технические решения фирмы Jean Lutz Company, основанной в 1975 г.) (<http://www.jeanlutzsa.fr/>). При этом существуют типовые технические решения по установке такой аппаратуры практически на все машины, реализующие современные технологические способы, применимые при устройстве фундаментов.

Кроме того, такие параметры по каждой выполняемой свае, элементу цементации грунта и т. п. можно представить в виде графиков, наложенных в единой системе координат по глубине погружения сваи на геологический разрез (рис. 4). На основании этих графиков можно визуальным образом анализировать качество выполненных фундаментов по различным показателям.

Этапы формирования цифровой модели технологических показателей нулевого цикла жизненного цикла представлены на рис. 5. Показана структура как ее заполнения и ведения, так и формирования новых функциональных обязанностей по оперативной обработке входящей информации и формированию передаваемых массивов данных.

Автором предлагается выполнять основную работу по анализу данных в производственно-технических отделах, при этом следует ввести дополнительную новую должность ИТ-специалиста или провести дополнительное обучение имеющегося инженера. Этот специалист будет выполнять анализ поступающей цифровой модели и формировать массивы данных, содержащие указанные выше технологические показатели с учетом требуемых форматов передачи данных.

При этом важно уже в рамках специализированных субподрядных организаций проводить первичный анализ входящей информации, которая в настоящее время по большей части ведется в рукописном виде. И в случае отступления от проекта необходимо передавать соответствующую информацию непосредственно в проектную организацию, минуя большой круг согласований: генеральный подрядчик – заказчик – генеральный проектировщик – подрядная проектная организация – главный инженер проекта (ГИП) – главный конструктор – конструктор.

С учетом представленного материала назовем следующие преимущества внедрения указанных предложений по анализу технологических параметров в единой цифровой модели строительства здания:

- оперативная связь с проектными организациями для контроля фактических значений несущей способности. Показания позволяют определить изменения в глубинах заложения кровли несущего слоя грунта, которые не установлены в ходе инженерно-геологических изысканий, что в свою очередь позволит без дополнительных потерь времени оперативно корректировать глубину погружения свай;
- возможность оперативного прогнозирования развития деформаций грунтового массива и существующих конструкций;
- составление нормативных показателей и анализ баз данных с трудозатратами для дальнейшего прогноза нормативных показателей;

– оперативное принятие решений при производстве работ в части необходимых конструктивных усилений ростверком или других изменений проектных решений фундаментов, что может быть вызвано различными отклонениями от проектной документации;

– оперативное прогнозирование производственных планов – составление планов работ, движения и загрузки машин;

– на стадии эксплуатации уже возведенного объекта эта информация необходима при анализе причин возникновения различных деформаций конструкций, при необходимости проведения ремонтов и реконструкций, связанных с повышением нагрузок на основания.

В заключение следует отметить следующее. Опыта сбора и передачи информации при построении цифровых моделей строительства на этапе устройства свайных фундаментов в отечественном строительстве практически не существует. Однако, как установлено автором, внедрение такой системы позволит избежать потерь качества строительства как на стадии возведения, так и при наличии и необходимости ремонта при эксплуатации здания. Эта информация будет храниться у заказчика строительства, а на стадии строительства цифровые модели следует оперативно передавать в проектные организации для решения вопросов, связанных с отступлением от проектной документации. Автор считает, что в реализации такого подхода в настоящее время сложились все предпосылки в виде развития на достаточном уровне цифровых форматов передачи данных и существующих систем анализа обработки и передачи таких данных, которые в настоящее время можно устанавливать на строительных машинах (копрах, буровых установках и т. п.), выполняющих работы по устройству свайных фундаментов.

Для этого предлагается система технологических параметров, подлежащих оценке, хранению и передаче, как дополняющая система цифровой модели, система жизненного цикла такой модели, вплоть до должностных обязанностей инженеров, выполняющих обработку и передачу информационных блоков модели. Предлагаются мероприятия для достижения работоспособности указанной системы и для внедрения ее в реальное производство.

Автор считает, что для практического обоснования работоспособности указанной в статье системы следует провести ее практическую апробацию на объектах массовой квартальной застройки. В этих условиях из-за повышенной производительности погружения свай в течение одной смены возможны значительные отклонения от проектной документации, которые на практике не всегда отслеживаются.

Складывается ситуация, при которой отклонения от проекта приводят к существенному занижению качества работ и возможным деформациям конструкций зданий в процессе эксплуатации. Внедрение предлагаемых методик при своевременном обмене блоков цифровой информации относительно конструктивно-технологических параметров возведения зданий позволит значительно сократить затраты на устранение таких дефектов на этапе строительства и снизить риски возникновения аварийных ситуаций при эксплуатации зданий.

Список литературы

1. Гинзбург А.В. Информационная модель жизненного цикла строительного объекта // *Промышленное и гражданское строительство*. 2016. № 9. С. 61–65.
2. Корелина Т.В., Маковий К.А., Копытина А.А. Использование информационной модели здания // *Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета*. 2016. № 1 (7). С. 67–70.
3. Талапов В.В. Внедрение BIM: фундаментальный опыт Великобритании // *САПР и графика*. 2017. № 3. С. 23–29.
4. Токунова Г.Ф., Аблязов Т.Х., Петров И.С. Диффузия инновационных процессов в региональных строительных кластерах // *Экономика и предпринимательство*. 2018. № 5 (94). С. 563–565.
5. Сакмарова Л.А., Бахмисова М.А. Применение BIM-технологий в образовательной среде на примере строительного факультета Чувашского государственного университета // *Жилищное строительство*. 2017. № 10. С. 11–17.
6. Талапов В.В., Поляков П.В. Что дает BIM техническому заказчику // *САПР и графика*. 2017. № 4. С. 44–46.
7. Талапов В.В. Что влияет на внедрение BIM в России // *САПР и графика*. 2010. № 11. С. 12–16.
8. Сычев С.А. Виртуальные решения проектирования ППР на основе информационных BIM-технологий при скоростном возведении полносборных зданий из высокотехнологичных строительных систем // *Жилищное строительство*. 2016. № 8. С. 26–30.
9. Кузеванов Д.В., Беляев А.В. Информационное моделирование железобетонных конструкций // *Промышленное и гражданское строительство*. 2017. № 1. С. 58–63.
10. Верстов В.В., Гайдо А.Н., Иванов Я.В. Технологии устройства ограждений котлованов в условиях городской застройки и акваторий. СПб.: Лань, 2014. 368 с.
11. Гайдо А.Н. Пути совершенствования технологических решений устройства свайных фундаментов жилых зданий в условиях городской застройки // *Жилищное строительство*. 2015. № 9. С. 12–15.

References

1. Ginzburg A.V. Information model of the life cycle of a building object. *Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo*. 2016. No. 9, pp. 61–65. (In Russian).
2. Korelina T.V. Makovii K.A., Kopytina A.A. Using the Building Information Model. *Nauchnyi vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta*. 2016. No. 1 (7), pp. 67–70. (In Russian).
3. Talapov V.V. Implementation of BIM: a fundamental UK experience. *SAPR i grafika*. 2017. No. 3, pp. 23–29. (In Russian).
4. Tolkunova G.F., Ablyazov T.H., Petrov I.S. Diffusion of innovative processes in regional construction clusters. *Ekonomika i predprinimatel'stvo*. 2018. No. 5, pp. 563–565. (In Russian).
5. Sakmarova L.A., Bakhmisova M.A. Application of BIM-technologies in the educational environment on the example of the building faculty of the Chuvash State University. *Zhilishchnoe Stroitel'stvo* [Housing Construction]. 2017. No. 10, pp. 11–17. (In Russian).
6. Talapov V.V. Polyakov P.V. Chto daet BIM tekhnicheskomu zakazchiku. *SAPR i grafika*. 2017. No. 4, pp. 44–46. (In Russian).
7. Talapov V.V. What influences the implementation of BIM In Russia. *SAPR i grafika*. 2010. No. 11, pp. 12–16. (In Russian).
8. Sychev S.A. Virtual solutions for the design of construction projects based on information BIM-technologies for the rapid erection of full-assembled buildings from high-tech building systems. *Zhilishchnoe Stroitel'stvo* [Housing Construction]. 2016. No. 8, pp. 26–30. (In Russian).
9. Kuzevanov D. V., Belyaev A. V. Informational modeling of reinforced concrete structures *Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo*. 2017. No. 1, pp. 58–63. (In Russian).
10. Verstov V.V., Gaido A.N., Ivanov Ya.V. Tekhnologii ustroistva ograzhdenii kotlovanov v usloviyakh gorodskoi zastroiki i akvatorii [Technologies for the construction of excavation fencing in urban development and water areas]. Saint-Petersburg: Lan'. 2014. 368 p.
11. Gaido A.N. Ways to improve technological solutions for the installation of pile foundations of residential buildings in urban development conditions. *Zhilishchnoe Stroitel'stvo* [Housing Construction]. 2015. No. 9, pp. 12–15. (In Russian).