

Технология автоматизированного проектирования организационно-технологической документации

Барабанова Т.А.

Канд. техн. наук, доцент, доцент жилищно-коммунального комплекса, ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет» (г. Москва); e-mail: barabanova.tanya@mail.ru

Кустикова Ю.О.

Канд. техн. наук, канд. пед. наук, доцент, доцент жилищно-коммунального комплекса, Московский государственный строительный университет (г. Москва); e-mail: yulia.kustikova@yandex.ru

Статья получена: 01.08.2020. Рассмотрена: 04.08.2020. Одобрена: 06.09.2020. Опубликовано онлайн: 30.09.2020. ©РИОР

Аннотация. Важным разделом строительного проектирования, как по содержанию, так и по трудоемкости, является организационно-технологическое проектирование. Разработка и процесс автоматизации организационно-технологической документации в строительстве имеет свои специфические особенности. В настоящее время ведущие западные и в меньшей степени отечественные проектные фирмы осуществляют переход от компьютеризации отдельных, наиболее трудоемких, видов работ к системам автоматизированного проектирования (САПР), охватывающим весь процесс создания проекта.

Ключевые слова: проектирование, организационно-технологическая документация, САД-системы, жизненный цикл проекта.

1. Введение

Повышение уровня подготовки организационно-технологической документации будет возможно благодаря внедрению методики автоматизированного формирования документации. Достаточно сложно разработать САПР, которая бы формировала всю организационно-технологическую документацию, поэтому не-

обходимо создавать комплексы, состоящие из отдельных подсистем (узконаправленных). Процесс разработки технологических карт в строительстве является одним из наиболее трудоемких и сложных и в то же время наименее автоматизированным. На современном предприятии все должно быть максимально автоматизировано для сокращения расходов и уменьшения затрат. Большая часть информации в технологической карте содержится в текстовом виде, поэтому для автоматизации необходим синтаксический анализ, в частности, методика на основе языков и грамматик. Разработка методики автоматизации, изменяющей сам процесс создания разделов организационно-технологической документации, позволит решить актуальную проблему повышения качества проектирования технологических карт, сократить сроки и стоимость проведения строительных работ.

2. Постановка задачи

Проведенный анализ основных этапов в истории развития проектно-технологической документации, текущего состояния в области автоматизации формирования технической

TECHNOLOGY OF COMPUTER-AIDED DESIGN OF ORGANIZATIONAL AND TECHNOLOGICAL DOCUMENTATION Barabanova T.A.

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Housing and Communal Complex, Moscow State University of Civil Engineering (National Research University), Moscow; e-mail: barabanova.tanya@mail.ru

Kustikova Yu.O.

Candidate of Technical Sciences, Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of Housing and Communal Services, Moscow State University of Civil Engineering (Moscow); e-mail: yulia.kustikova@yandex.ru

Manuscript received: 01.08.2020. **Revised:** 04.08.2020. **Accepted:** 06.09.2020. **Published online:** 30.09.2020. ©РИОР

Abstract. Important sections of construction design, both in terms of content and labor intensity, are organizational and technological design. The development and process of automation of organizational and technological documentation in construction has its own specific features. Currently, leading Western and, to a lesser extent, domestic design firms are moving from computerization of individual, most labor-intensive types of work to computer-aided design (CAD) systems that cover the entire project creation process.

Keywords: design, organizational and technological documentation, CAD systems, project lifecycle.

документации, рассмотренный состав и структура комплекта проектной и технологической документации, используемой при производстве строительных работ, выявил ряд вопросов. Проведен обзор существующих методов разработки технологических карт, а также подходов к созданию систем автоматизации проектирования (САПР) формирования проектно-технологической документации.

Формирование проектно-технологической документации (и, соответственно, процесс автоматизации) имеет свои специфические особенности и существенно отличается от технологического проектирования в машиностроении или электронике [1], т.е. областях — «основных» САПР. Любой строительной организации без введения современных информационных систем практически невозможно конкурировать на рынке, а тем более быть ведущей в отрасли. Передовые информационные технологии должны применяться не только в управлении финансово-хозяйственной и управленческой деятельности, но и непосредственно входить в производственный процесс. Что, несомненно, повлечет за собой снижение затрат на производство, повышение качества производимых работ, и, следовательно, рост конкурентоспособности организации на рынке. Поэтому актуальной на сегодняшний день задачей является разработка и внедрение САПР, зачастую узконаправленных.

Применение современных *BIM*-технологий в зависимости от стадии жизненного цикла

объекта связано с неизбежной сменой набора решаемых задач (целей моделирования) при переходе на новый этап этого цикла. Однако современное состояние строительной отрасли подразумевает, что для строительного объекта процессы проектирования, строительства и технической эксплуатации достаточно часто происходят практически в одно время, а работа с сооружениями может продолжаться и после их сноса, например, виртуально смоделированное здание, если это памятник архитектуры.

3. Процесс автоматизированного формирования разделов организационно-технологического проектирования

Проведено исследование необходимых показателей и разработаны методологические подходы автоматизации проектирования разделов организационно-технологического проектирования [2].

Выполнение технологического проектирования процессов должно быть предусмотрено на всех стадиях создания проекта: технико-экономического обоснования (стадия проект), рабочей документации, производства работ.

Типовой технологический процесс как объект автоматизированного технологического проектирования — это упорядоченный (по по-

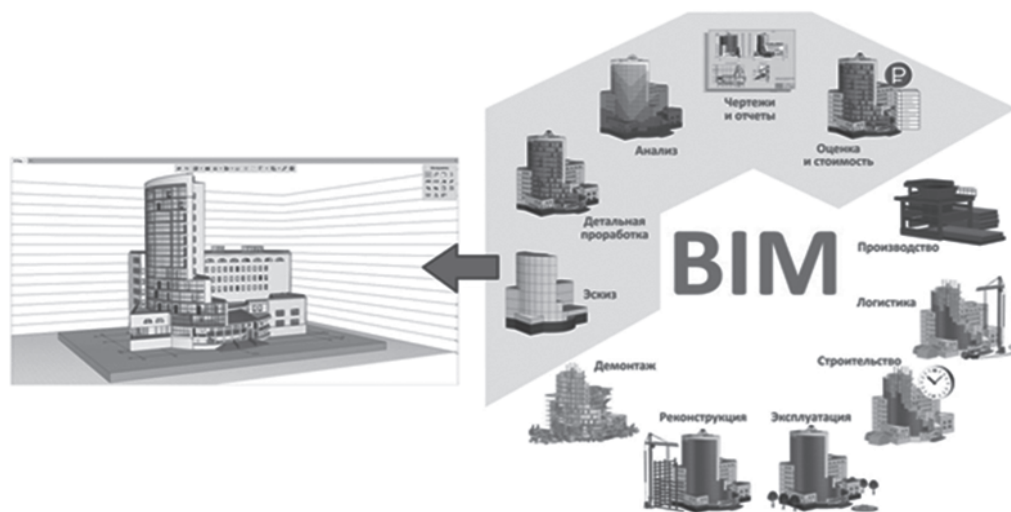


Рис. 1. Жизненный цикл зданий и сооружений с применением *BIM*-технологии

следовательности выполнения) набор описаний технологических операций. Проектирование технологических процессов в строительстве характеризуется большим объемом исходных данных.

В связи с этим от рациональности и простоты описания исходной технологической информации в значительной степени зависит время подготовки данных, объем памяти ЭВМ, занимаемый исходной технологической информацией, сложность алгоритмов и программ проектирования, а также время решения задачи.

Анализ существующих техкарт показывает, что все они строятся относительно какого-либо конструктивного элемента [3], зависящего:

- от материала;
- геометрических характеристик;
- набора работ с нормами по трудозатратам;
- состава и квалификации исполнителей;
- набора материалов, машин, оборудования и приспособлений.

Система описания должна обеспечивать полноту данных, необходимых для автоматизированного проектирования. Если условно-постоянная информация (справочно-нормативная, типовые решения, алгоритмы выбора решений) достаточно легко преобразуется к формализованному виду (справочные таблицы, таблицы решений, таблицы соответствий), то для переменной информации эта задача значительно сложнее. Сведения о строительных процессах, материалах представляют собой схе-

мы, чертежи, наборы чисел, символов и текстовое описание. Система описания должна всю эту разнохарактерную информацию представить в едином буквенно-цифровом виде.

Таблица 1

Организация заполнения техкарты в автоматизированном режиме

№ п/п	Наименование раздела технологической карты	Предложения по формированию раздела «электронной» технологической карты
1	Область применения	Раздел формирует пользователь в режиме текстового редактора
2	Состав и объемы работ	Формируется автоматически из работ модели в виде традиционной ведомости работ (наименование, единицы измерения, объемы работ)
3	Ведомость затрат труда и машинного времени	Формируется автоматически из работ модели в традиционном виде (наименование, единицы, объемы, перечень исполнителей, трудозатраты, заработная плата)
4	Перечни основных и вспомогательных материалов	Формируется из справочников системы: наименование, единицы измерения, нормы потребления, требуемый объем, стоимость
5	Перечень используемых машин	Формируется из справочников системы в виде сводной таблицы по согласованной форме (наименование, количество, время работы, стоимость)
6	Перечни используемого оборудования и инструмента	Формируется из справочников системы в виде сводных таблиц по согласованной форме (названия, количество, время использования, стоимость)

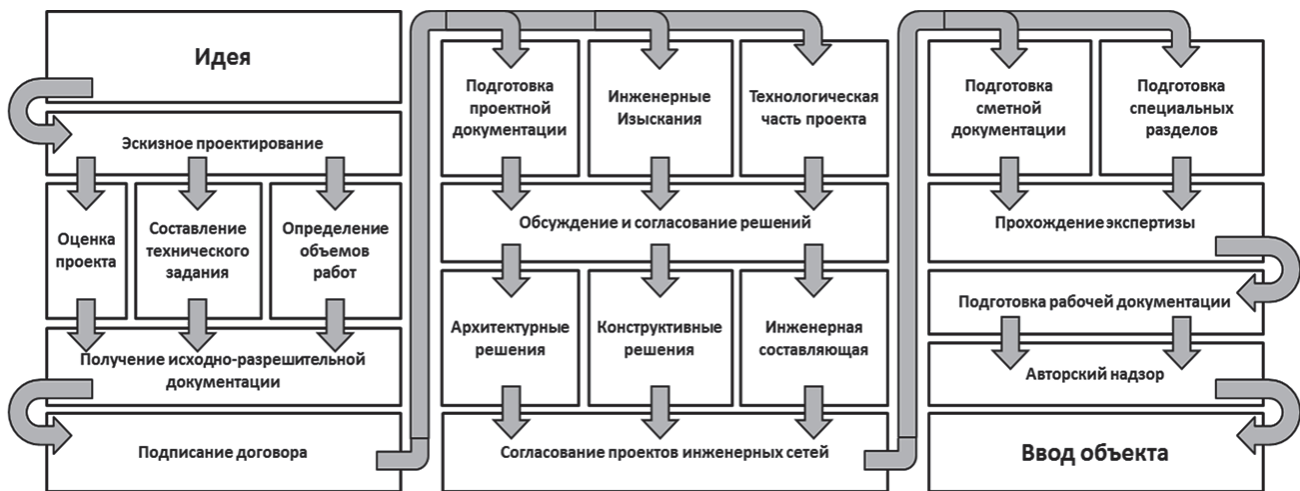


Рис. 2. Проектирование организационно-технологической документации

Окончание табл. 1

№ п/п	Наименование раздела технологической карты	Предложения по формированию раздела «электронной» технологической карты
7	Технология и организация работ	Раздел формирует пользователь в режиме текстового редактора с использованием графических материалов, ссылки на которые содержатся в составляющих модели работах
8	График производства работ	Формируется автоматически по результатам работы с моделью
9	Графики поставки материалов, работы основных строительных машин и механизмов	Встречаются относительно редко в составе технологических карт, поскольку их разработка в большей степени относится к составлению подобных графиков в составе ППР
10	Перечень мероприятий операционного контроля качества	Формируется автоматически как набор мероприятий составных работ
11	Инструкции по технике безопасности	Подборка типовых инструкций по технике безопасности с возможностью редактирования их в режиме текстового редактора
12	Сводные технико-экономические показатели	Формируются автоматически по согласованной форме на основе объемов работ, продолжительностей их осуществления, принятого состава исполнителей графика работ и показателей, получаемых через элементные (единичные) работы

Разработана методика автоматизированного проектирования технологических карт [4], а также определены основные параметры создаваемой производственной базы технологических карт для последующей автоматизации. В вопросе формализации описания технологической информации можно выделить два принципиальных методических подхода: разработка комплекса кодировочных ведомостей и использование специального формализованного языка. В системах проектирования единичных технологических процессов для описания исходных данных используют формализованные проблемно ориентированные языки, обладающие большей инвариантностью и поэтому более универсальные.

Применяя методику описания технологических процессов с помощью формального языка к технологическим картам, например, для изготовления пространственного арматурного

каркаса колонны, выделяются единичные рабочие операции (подготовка и рубка арматуры на заданную длину; гибка хомутов; изготовление закладных деталей; сборка, крепление греющего кабеля; строповка и подача к месту монтажа; установка дистанцеров; установка и крепление в проектное положение; проверка точности установки и т.д.). Далее систематизируем и выделяем составляющие: совершаемое действие; объект, над которым совершается действие; инструмент, приспособление, оборудование.

На основании собранных исходных материалов по технологическому проектированию в строительстве, а также основываясь на исследовании формализации технологических процессов, можно сделать вывод о том, что возможно формировать основные разделы типовых технологических карт в автоматизированном режиме [5].

Технологический процесс, как и любую структурированную информацию, удобно представлять в виде дерева: на первом уровне находятся общие сведения о техпроцессе, на втором — перечень операций, на третьем — переходы (маршрут выполнения операции) и т.д. Если создается комплект документов на выполнение вида работ, то все смещается на уровень ниже: на первом уровне будет находиться информация о работе, на втором — перечень технологических процессов на операции, входящие в состав работы [6]. Следует отметить, что в таком дереве отображаются все основные элементы технологических процессов, а не только операции и переходы. Это позволяет гибко манипулировать объектами технологического процесса, создавая требуемую технологию.

Реализация предложенной методики автоматизированного проектирования технологических карт показывает, что:

- проведенный анализ теории и практики автоматизации проектирования организационно-технологической документации, а также анализ существующих подходов в области описания технологических процессов выявил необходимость в разработке новых способов и приемов автоматизации формирования технологических карт;
- опыт автоматизации, накопленный на протяжении ряда лет, показывает, что практи-

чески в технологических картах используется ограниченный круг данных, ориентированный на конкретного заказчика организационно-технологической документации. Количество объектов (понятий), используемых при описании технологии производства бетонных и арматурных работ, также весьма ограничено. В исследовании показана возможность использования формального языка для описания технологических процессов при проектировании технологических карт;

- формализованы структурные и технологические взаимосвязи между работами и их ресурсным обеспечением;
- предложен способ организации производственной базы технологических карт, позволяющий формировать разделы технологической документации;
- результаты исследования апробированы, опубликованы и внедрены в практику ав-

томатизации выпуска документации на бетонные и арматурные работы. Применение разработанной методики автоматизированного проектирования технологических карт позволяет снизить трудоемкость формирования технологических карт, обеспечивает выбор эффективных технологических решений.

Перспективные направления дальнейшего развития исследований в области автоматизации проектирования организационно-технологической документации:

- в силу своей универсальности, апробированная на бетонных и арматурных работах, методика формирования технологических карт, может быть адаптирована и для других видов работ в строительстве.
- предложенные способы проектирования технологических карт могут быть использованы для формирования других видов организационно-технологической документации.

Литература

1. Король Е.А. Анализ структуры энергозатрат при строительстве малоэтажных жилых зданий [Текст] / Е.А. Король, А.А. Журавлева // БСТ: Бюллетень строительной техники. — 2020. — № 3. — С. 62–64.
2. Король О.А. Концептуальные основы формирования нормативной базы капитального ремонта общего имущества многоквартирных жилых домов [Текст] / О.А. Король // БСТ: Бюллетень строительной техники. — 2018. — № 11. — С. 20–21.
3. Шрейбер К.А. Оценка показателей долговечности конструктивных элементов и систем при планировании капитального ремонта общего имущества многоквартирных домов [Текст] / К.А. Шрейбер, О.А. Король // В сборнике: Системотехника строительства. Киберфизические строительные системы — 2019. Сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции. 2019. — С. 574–577.
4. Король Е.А. Организационно-технологическое моделирование возведения малоэтажных жилых зданий с учетом рационального энергопотребления [Текст] / Е.А. Король, А.А. Журавлева, В.К. Савин // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. — 2019. — № 4. — С. 184–189.
5. Каган П.Б. Описание технологических процессов в строительстве на основе использования формальных языков [Текст] / П.Б. Каган, Т.А. Барабанова // Научно-технический вестник Поволжья. — 2013. — № 3. — С. 166–168.
6. Король Е.А. Анализ конструктивных решений наружных стен для повышения теплозащиты при строительстве и реконструкции инфраструктуры производственных предприятий [Текст] / Е.А. Король // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. — 2017. — № 2. — С. 124–130.

References

1. Korol' E.A. Analiz struktury energozatrat pri stroitel'stve maloetazhnyh zhilyh zdaniy [Analysis of the structure of energy consumption in the construction of low-rise residential buildings]. *BST: Byulleten' stroitel'noj tekhniki* [BST: Bulletin of Construction Technology]. 2020, I. 3, pp. 62–64.
2. Korol' O.A. Konceptual'nye osnovy formirovaniya normativnoj bazy kapital'nogo remonta obshchego imushchestva mnogokvartirnyh zhilyh domov [Conceptual foundations for the formation of a regulatory framework for the overhaul of common property in apartment buildings]. *BST: Byulleten' stroitel'noj tekhniki* [BST: Construction Technique Bulletin]. 2018, I. 11, pp. 20–21.
3. Shreyber K.A., Korol' O.A. Ocenka pokazatelej dolgovechnosti konstruktivnyh elementov i sistem pri planirovanii kapital'nogo remonta obshchego imushchestva mnogokvartirnyh domov [Assessment of indicators of durability structural elements and systems in the planning of capital repair of common property of apartment buildings]. *Sistemo-tekhnika stroitel'stva. Kiberfizicheskie stroitel'nye sistemy — 2019 Sbornik materialov Vserossijskoj nauchno-prakticheskoy konferencii* [System-building technology. Cyber-Physical Building Systems — 2019 Collection of materials of the All-Russian Scientific and Practical Conference]. 2019, pp. 574–577.

4. Korol' E.A. Organizacionno-tehnologicheskoe modelirovanie vozvedeniya maloetazhnyh zhilyh zdaniy s uchedom racional'nogo energopotrebleniya [Organizational and technological modeling of the construction of low-rise residential buildings, taking into account the rational energy consumption]. *Izvestiya vysshih uchebnyh zavedenij. Tekhnologiya tekstil'noj promyshlennosti* [News of higher educational institutions. Textile industry technology]. 2019, I. 4, pp. 184–189.
5. Kagan P.B. Opisanie tekhnologicheskikh processov v stroitel'stve na osnove ispol'zovaniya formal'nyh yazykov [Description of technological processes in construction based on the use of formal languages]. *Nauchno-tehnicheskij vestnik Povolzh'ya* [Scientific and technical bulletin of the Volga region]. 2013, I. 3, pp. 166–168.
6. Korol' E.A. Analiz konstruktivnyh reshenij naruzhnyh sten dlya povysheniya teplozashchity pri stroitel'stve i rekonstrukcii infrastruktury proizvodstvennyh predpriyatij [Analysis of constructive solutions for external walls to improve thermal protection during construction and reconstruction of the infrastructure of industrial enterprises]. *Izvestiya vysshih uchebnyh zavedenij. Tekhnologiya tekstil'noj promyshlennosti* [News of higher educational institutions. Textile industry technology]. 2017, I. 2, pp. 124–130.