

Т 1; Смоленск, 17–18 октября 2019 г. – Смоленск: филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Смоленске, 2019. – С. 346–349.

2. Плотников, А. А. Веб-приложение суммирования чисел в двоичном коде с плавающей запятой / А. А. Плотников // 56-я студенческая научно-техническая конференция Белорусско-Российского университета: материалы конф., редкол.: М. Е. Лустенков (гл. ред.) [и др.]; 21-22 мая 2020 г. – Могилев: Белорус.-Рос. ун-т, 2020. – С. 143.

*А.И. Якимов, д.т.н., доц.; Н.П. Скрылев, асп.
(Белорусско-Российский университет, г. Могилев, Беларусь)*

ПОСТРОЕНИЕ ИМИТАЦИОННОЙ МОДЕЛИ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ПРОЦЕССА ПО BIM ДОКУМЕНТАЦИИ

BIM (Building Informational Modeling) технология предполагает построение виртуальных моделей зданий, домов и других сооружений в цифровом виде. Использование моделей облегчает процесс проектирования на всех его рабочих этапах, обеспечивая его анализ и контроль. Проработанные BIM модели зданий наполнены информацией о геометрии конструкций и данными, необходимыми для закупки материалов, изготовления конструкций и строительных работ.

Для поддержки BIM технологии разработано множество программных систем. Например, первая версия программы ArchiCAD (<https://graphisoft.com>) была создана в 1984 году под названием Radar CH. Она работала на компьютерах Apple Lisa и представляла собой программу для проектирования водопроводов. В 2020 году вышла версия Archicad 24. Все версии до 4.16 выпускались под ОС Apple Macintosh. Версия 4.16 была выпущена под Windows 3.1. Все последующие версии, кроме 4.5, выпускались под ОС семейства Windows и MacOS X. Основным преимуществом программы является естественная взаимосвязь между всеми частями проекта. Любые изменения, сделанные, например, на плане здания, автоматически отобразятся (перестроятся, перерассчитаются) на разрезах, видах, в спецификациях, экспликациях и пр. Такой подход обеспечивает значительное сокращение времени проектирования. Archicad позволяет работать над одним проектом группе архитекторов. Недостатком программы можно считать ограниченные возможности по созданию объектов со сложной, нестандартной геометрией [1].

Tekla Structures (<https://www.tekla.com>) – система, предназначенная для трехмерного моделирования как простых, так и сложных сооружений из разнообразных материалов и управления строительной информацией. Может использоваться, как платформа для разработки собственных приложений. Программа поддерживает форматы IFC, CIS/2, SDNF, DSTV, DWG, DXF, DGN и др. Содержит следующую функциональность: автоматическая генерация и копирование чертежей, поддержка многопользовательского доступа и совместная работа над одной моделью, автоматизированное создание и копирование предварительно определенных соединений и детализовок. Возможен экспорт для различных автоматизированных производств (как стальных, так и железобетонных изделий, арматуры), например для ConstruSteel, Steel Projects, FabTrolMRP, BETSY, EliPlan, Unitechnik, SAA, Progress и др. [2].

Tekla Structures применяется в производстве металлоконструкций. Была поставлена задача разработки динамической модели прогнозирования состояния производства. Для решения такой задачи требуется извлечь данные из инструментов BIM, используемых на производственном предприятии. Это достаточно простая задача, т. к. большинство инструментов BIM поддерживают экспорт документации с технической информацией в широко распространённые форматы документов, например, таблицы Microsoft Excel (рис. 1).

Отправочная марка	Наименование марки	Позиция детали	ГОСТ	Материал	Количество
Изделие	[REDACTED]				4
		4	-	[REDACTED]	1
		5	-	[REDACTED]	1
		7	-	[REDACTED]	1
		73	-	[REDACTED]	4

Рис. 1. Исходный BIM документ для построения имитационной модели

Первая строка описывает готовое изделие (или, в терминологии самого документа, «отправочную марку»), последующие – детали, необходимые для его сборки, и их количество для одного изделия (для производства 4 изделий потребуется $(1+1+1+4)*4=28$ деталей (см. рис.1)).

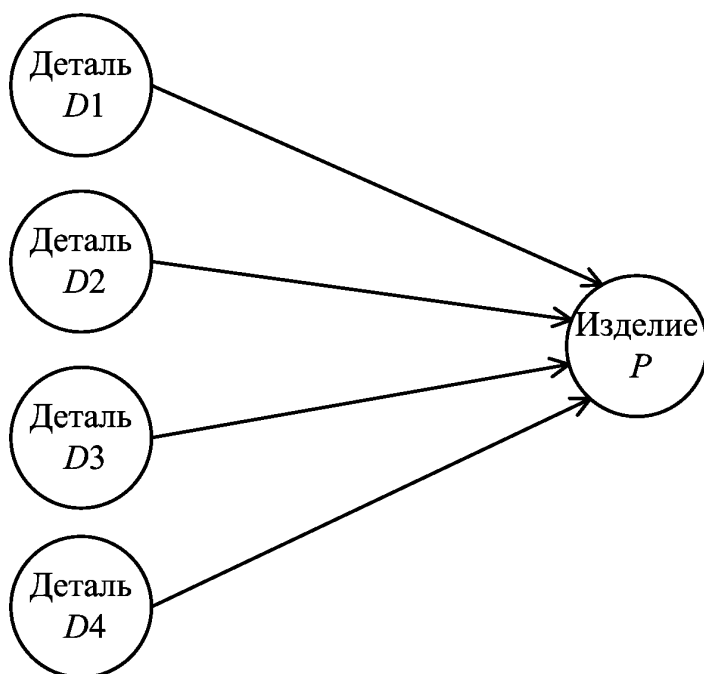


Рис. 2. Предварительная схема создания изделия

Всё, о чем документ информирует на данном этапе – детали какого типа входят в состав изделия. Других данных нет: не задана последовательность операций по созданию изделия, не указаны длительности операций. Можно утверждать, что на данном этапе абстракции система работает как «чёрный ящик». Формально это можно представить следующим образом:

$$D_1 \cup D_2 \cup D_3 \cup 4D_4 \rightarrow P$$

где D_i – детали определенного типа, $i=1, \dots, 4$,

P – изделие для изготовления в производственном процессе.

На следующем этапе из BIM документации извлекается информация о последовательности действий для изготовления изделия P . Например, детали

$D1$ и $D2$ собираются в промежуточный объект X , а детали $D3$ и $D4$ собираются в промежуточный объект Y . Затем объекты X и Y собираются в изделие P (рис. 2).

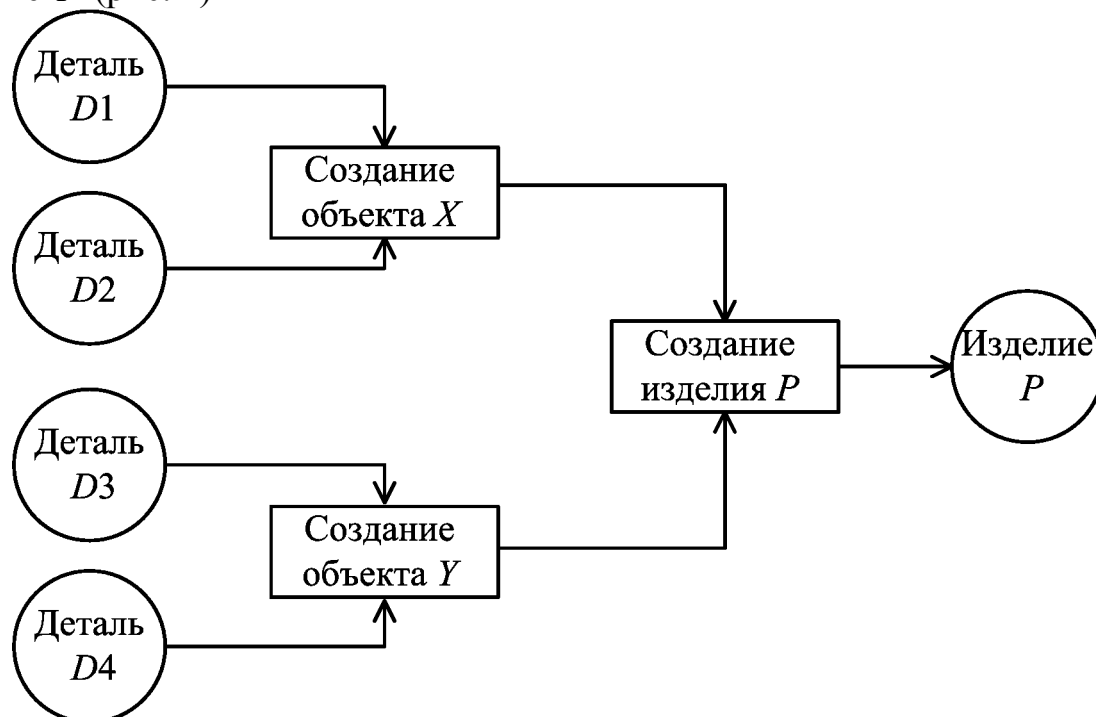


Рис. 2. Полная схема изготовления изделия

Последовательности операций могут быть достаточно сложными, но описанный здесь подход может быть применён для любых из них. Этот пример формально представляется в виде

$$\begin{aligned}
 D_1 \cup D_2 &\rightarrow X; \\
 D_3 \cup D_4 &\rightarrow Y; \\
 X \cup Y &\rightarrow P.
 \end{aligned}$$

Схему на рис. 2 можно рассматривать как сетевой график. Длительность каждого отдельного этапа производства не документируется в ВІМ и должна быть измерена эмпирически. Длительности этапов производства можно представить интервалами $[t_{\min}, t_{\max}]$ с указанием минимального $t_{\min}$ и максимального $t_{\max}$ значений.

Методика построения имитационной модели в виде сетевого графика представлена следующей последовательностью шагов.

Шаг 1. Прочсть данные о составляющих изделия P ;

Шаг 2. Прочсть данные о последовательности выполнения производственных операций;

Шаг 3. Рассчитать минимальную $t_{\min}$ и максимальную $t_{\max}$ длительности выполнения каждой из операций;

3.1 Длительность рассчитывается, исходя из параметров исходной детали и характера выполняемой над ней работы в процессе сборки изделия;

3.2 Если длительности можно прочитать из BIM документа, они будут прочитаны;

Шаг 4. На основании полученных данных сгенерировать сетевой график;

Шаг 5. По сетевому графику рассчитывается суммарная длительность производственного процесса по сборке изделия *P*.

Методика автоматизированного построения имитационной модели изготовления изделия реализована в единичном производстве металлоконструкций.

Литература

1. GRAPHISOFT – Building Together 2021 / [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://graphisoft.com>.

2. Tekla 2021 now available / [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.tekla.com>.