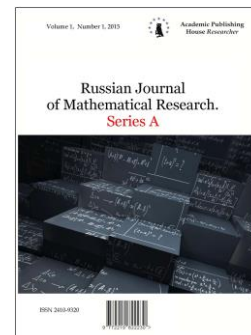


Copyright © 2016 by Academic Publishing House *Researcher*

Published in the Russian Federation
 Russian Journal of Mathematical Research. Series A
 Has been issued since 2015.
 ISSN: 2410-9320
 E-ISSN: 2413-7529
 Vol. 4, Is. 2, pp. 85-92, 2016

DOI: 10.13187/rjmr.a.2016.4.85
www.ejournal30.com



UDC 51

Mathematical Model as a Way of Defining the Relationship of Objects and Actions

¹Tatyana Y. Yakovenko

²Natalya F. Yakunina

³Artem Kadrevich

¹⁻³ Sochi state university, Russian Federation

¹ PhD (in technical science), professor

² PhD (in mathematical science), professor

³ E-mail: yat55@yandex.ru

Abstract

The subject of mathematical modeling in the framework of the application of its student builders. The developed model for the implementation of works associated with the construction of the hotel and is composed of the network graph.

In conclusion, the author emphasizes that the problem allows to conclude that mathematical modeling is a powerful tool in solving applied problems in engineering and to the description of concepts such as network schedules of construction work.

Keywords: mathematical modeling, experiment, model, network.

Введение

Студенты инженерных специальностей крайне заинтересованы в использовании элементов математического моделирования при выполнении курсовых и дипломных работ, составлении графиков и схем работ различных участков и видов деятельности. Кроме того, в инженерной деятельности математические модели используют при изучении объекта деятельности, выполнении определенных видов работ, определении и характеристики возможных сбоев в работе, создании новых форматов деятельности и т.д.

В связи с этим существенным становится умение разрабатывать математическую модель исследуемого процесса. Но прежде необходимо исследовать процесс, выполняя следующие шаги:

-определить и сформулировать цель процесса с указанием основных параметров и требований к нему;

-установить свойства модели (линейная или иная, динамическая или иная, ...);

-представить схему модели, как систему объектов, их действий и необходимых характеристик.

Анализируя и обобщая выполненные шаги, следует разработать модель процесса в соответствии с установленными связями объектов, их параметров, с учетом реалистичности и адекватности модели. При разработке модели можно вносить необходимые изменения, уточнения, исправления, переходя с шага на шаг, и переставляя их. Можно остановить

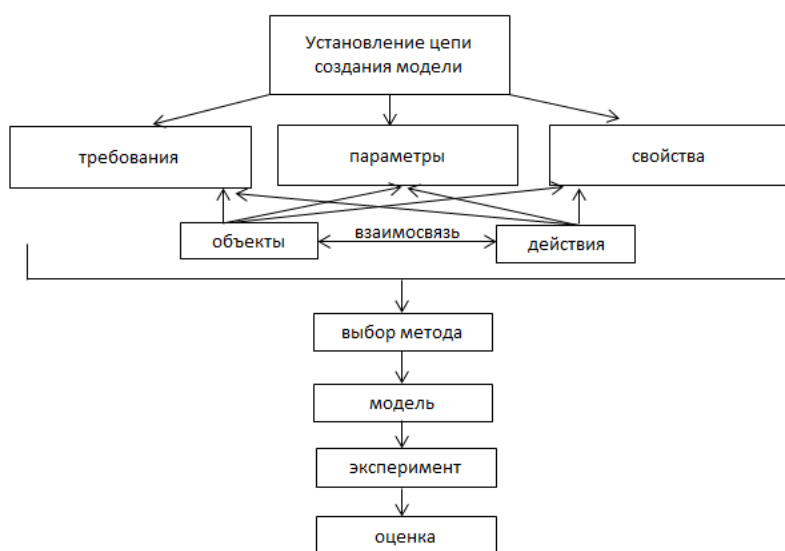
время, изменив тип модели, заменить или исключить параметр. Можно внести возникшие ограничения или предполагаемые возможности модели.

Использование математических моделей позволяет с достаточной степенью точности проанализировать работу системы или объекта, выявить слабые точки и спрогнозировать работу в новых условиях, а также определить условия, при которых система обладает желаемыми свойствами.

Методы и подходы

Студенты-инженеры хорошо понимают, что всему сказанному выше спутником является эксперимент. Хорошо бы натурный, но скорее вычислительный, который, имитируя натурный эксперимент, позволяет посчитать многие варианты и просчитать различные ситуации. Также вычислительный эксперимент требует меньше времени и средств. Нередко натурный эксперимент невозможно провести из-за недоступности, нереальности, громоздкости и т.д. При выполнении вычислительного эксперимента можно исключать некоторые параметры и этим оценивать их влияние на систему.

Если попытаться увидеть совокупность всех ступеней создания модели процесса и её оценки, то получится следующая схема:



Одним из разделов курса «Математическое моделирование» является «Сетевое планирование» – метод управления, который основывается на использовании математического аппарата теории графов и системного подхода для отображения и алгоритмизации комплексов взаимосвязанных работ, действий или мероприятий для достижения четко поставленной цели.

Сетевое планирование позволяет определить, во-первых, какие работы или операции из числа многих, составляющих проект, являются "критическими" по своему влиянию на общую календарную продолжительность проекта и, во-вторых, каким образом построить наилучший план проведения всех работ по данному проекту с тем, чтобы выдержать заданные сроки при минимальных затратах.

Результаты и обсуждение

Рассмотрим проектируемый объект – гостиница. Здание каркасное длиной 109,2 м и шириной 48 м с колоннами. Стены наружные - панели 400 мм, внутренние кирпичные 120 мм. Панели перекрытия имеют толщину 150 мм. Фундаменты - монолитная железобетонная плита. Глубина залегания фундаментов принята 3,8 м. Высота здания от уровня земли 7,2 м, строительный объем здания 35325 м³, общая площадь здание – 5240 м². Район строительства – город Сочи. Период строительства – июль 2013 г. - январь 2016 г.

Расчетная продолжительность строительства 30 месяцев. Для проектирования комплексного сетевого графика используется необходимая рабочая документация.

Поскольку построение сетевого графика заключается в установлении технологической последовательности выполнения строительных работ, и при поточной организации строительства работы располагаются в технологической последовательности с увязкой их начала и окончания по захваткам, то выполнение строительных работ на каждой захватке рассматривается как самостоятельная работа сетевого графика.

Работы по монтажу технологического оборудования, пусконаладочные, сантехнические и электромонтажные работы, а также ввод коммуникаций на графике располагаются в увязке с производством общестроительных работ и не разбиваются на захватки.

Подготовка территории, благоустройство и неучтенные работы являются самостоятельными элементами сетевого графика и не разбиваются на захватки.

После установления технологической последовательности работ строится сетевой график типа «вершина-работа». Работы сетевого графика кодируются, при этом номер предшествующей работы должен быть меньше номера последующей работы.

Продолжительность выполнения работ сетевого графика определяется в днях, исходя из затрат труда и машинного времени на каждой работе, численного состава бригад и количества машин. Продолжительность определяется в целых числах с округлением в меньшую сторону, планируя увеличение производительности труда на 3 – 5 %.

Продолжительность немеханизированных работ (частично механизированных) рассчитывается по формуле:

$$t = \frac{T_p}{P},$$

где t - продолжительность работы (дни), P - количество рабочих в смену, чел.:

T_p - трудоемкость работы (чел.-дней) определяется как

$$T_p = \frac{V \cdot Н.в.}{(8 \cdot n)},$$

где V - объем строительно-монтажных работ; $Н.в.$ - норма времени, принимаемая по нормативным документам (ЕНиР) для конкретного вида работ, она определяет необходимые затраты рабочего времени одного работника на выполнение единицы работы (чел.-час.); 8 - количество рабочих часов в смену; n - сменность работы, $n = 1, 2$ или 3.

Ведомость объемов основных строительных, монтажных и специальных строительных работ помещена в таблице 1.

Таблица 1.

Наименование работы	Ед.изм.	Объем
Подготовительные работы	%	6
Механизированные земляные работы по рытью котлованов и траншей с отвозом лишнего грунта	1000 м ³	10,977
Сооружение свайных фундаментов	шт.	384
Сооружение монолитных конструкций	1 м ³	1115
Сооружение ограждающих конструкций	100 м ²	63,41
Сооружение внутренних перегородок	100 м ²	80,49
Устройство гидроизоляции	100 м ²	60,99
Заполнение оконных проемов	10 м ²	53,56
Отделочные работы фасада	100 м ²	41
Сооружение кровельных конструкций	100 м ²	26,43
Заполнение дверных проемов	100 м ²	8,034
Ввод коммуникаций	%	2
Электромонтажные работы	%	10
Внутренние слабые токи	%	4
Водоснабжение и канализация	%	10
Отопление и вентиляция	%	15
Штукатурка стен	100 м ²	14,342
Оклейка стен обоями	100 м ²	14,342
Устройство цементной стяжки	100 м ²	10,594

Устройство паркетных полов	100 м ²	4,620
Устройство плиточных полов	100 м ²	59,74
Неучтенные работы	%	20
Благоустройство	%	5
Сдача объекта в эксплуатацию	%	0,5

Полученные продолжительности заносятся в карточку-определитель работ сетевого графика (см. таблицу 2).

Таблица 2.

Наименование работы	Ед.изм.	Объём	Норма времени чел.-дней	Число смен в сутки	Затраты труда в чел.-дн	Число рабочих в смену	Продолжительность, дни
Подготовительные работы	%	6		2	1534,9	30	52
Механизированные земляные работы по рытью котлованов и траншей с отвозом лишнего грунта	1000 м ³	10977	3,6	2	1234,9	20	62
Сооружение свайных фундаментов	шт.	384	207	2	2484	20	125
Сооружение монолитных конструкций	1 м ³	1115	278	2	19373	72	269
Сооружение ограждающих конструкций	100 м ²	63,41	148,75	2	294,76	16	37
Сооружение внутренних перегородок	100 м ²	80,49	148,75	2	374,15	16	47
Устройство гидроизоляции	100 м ²	60,99	3	2	381,18	12	32
Заполнение оконных проемов	10 м ²	53,56	235,4	1	39,4	4	5
Отделочные работы фасада	100 м ²	41	117,16	1	300,22	14	22
Сооружение кровельных конструкций	100 м ²	26,43	59,44	2	98,18	8	13
Заполнение дверных проемов	100 м ²	8,034	95,4	2	23,95	20	3
Ввод коммуникаций	%	2		1	511,62	24	22
Электромонтажные работы	%	10		1	2558,1	40	64
Внутренние слабые токи	%	4		1	1023,2	24	43
Водоснабжение и канализация	%	10		1	2558,1	40	64
Отопление и вентиляция	%	15		1	383,16	32	120
Штукатурка стен	100 м ²	14,34	65,66	2	294,27	4	15
Оклейка стен обоями	100 м ²	14,34	115	2	103,08	10	13

Устройство цементной стяжки	100 м ²	10,59	197,54	2	130,81	8	17
Устройство паркетных полов	100 м ²	4,620	351,19	2	101,61	4	26
Устройство плиточных полов	100 м ²	59,74	215	2	802,75	12	23
Неучтенные работы	%	20		2	5116,2	20	128
Благоустройство	%	5		2	1279,1	20	43
Сдача объекта в эксплуатацию	%	0,5		2	127,9	10	7

Затраты труда специальных работ, объемы которых выражены в %, считаются относительно суммарных затрат труда и работ, нормы на которые существуют, и значения которых можно посчитать. Общая трудоемкость: 25581 чел.-дней.

В карточку-определитель заносятся все работы сетевого графика. После этого продолжительности работ проставляются на сетевом графике.

Полученная в результате расчетов продолжительность критического пути сравнивается с заданной продолжительностью строительства объекта. Если продолжительность критического пути превышает заданную, то проводится сокращение продолжительности критических работ путем введения дополнительных звеньев рабочих на немеханизированных работах или же создание параллельных работ привязкой к возможности такой технологической последовательности. Продолжительность критического пути не должна быть меньше заданной более, чем на 15%, если это не выполняется, то необходимо увеличить длительность критических работ путем сокращения числа звеньев и машин.

Корректировка сетевого графика по времени производится до тех пор, пока не будет достигнута заданная продолжительность строительства: $0,85 \cdot T_n \leq T_{кр} \leq T_n$

В нашем случае $777 \leq T_{кр} = 902 \leq 915$. Далее используется табличный метод расчета сетевого графика.

Таблица 3.

Коды начальных событий предшествующих работ, h	Код работы i-j	Продолжительность работ, t _{i-j}	Сроки работы				Общий резерв времени, R _{i-j}	Частный резерв времени, Г _{i-j}	Отметка критических работ
			Ранние		Поздние				
			Начала работ, T	Окончания работ, t _{i-j} ^{р.о.}	Начала работ, t _{i-j} ^{п.п.}	Окончания работ, t _{i-j} ^{п.о.}			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	1-2	52	0	52	0	52	0	0	+
1	2-3	62	52	114	52	114	0	0	-
2	3-4	63	114	177	114	177	0	0	-
3	4-5	0	177	177	177	177	0	0	-
1	2-5	125	52	177	52	177	0	0	+
2	5-6	269	177	446	177	446	0	0	+
5	6-7	54	446	500	446	530	30	0	-
6	7-14	0	500	500	530	530	30	30	-
5	6-8	32	446	478	446	478	5	0	-
6	8-9	0	478	478	483	483	5	5	-
5	6-9	37	446	483	446	483	0	0	+
6	9-10	5	483	488	484	489	1	0	-
9	10-11	22	488	510	489	512	2	1	-
10	11-12	13	510	523	512	526	3	2	-

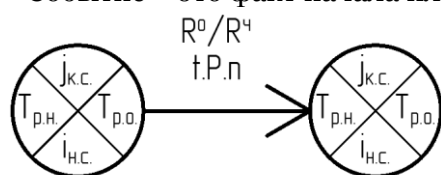
11	12-13	3	523	526	526	530	4	3	-
12	13-14	0	526	526	530	530	4	4	-
6,8	9-14	47	483	530	483	530	0	0	+
7,9,13	14-15	22	530	552	530	552	0	0	+
14	15-16	49	552	601	552	601	0	0	+
15	16-17	30	601	631	601	631	0	0	-
16	17-18	45	631	676	636	681	5	0	-
17	18-19	0	676	676	681	681	5	5	-
15	16-19	80	601	681	601	681	0	0	+
16,18	19-20	28	681	709	681	709	0	0	-
19	20-22	0	709	709	709	709	0	0	-
16,18	19-21	15	681	696	681	696	0	0	+
19	21-22	13	696	709	696	709	0	0	+
20,21	22-23	32	709	741	709	741	0	0	-
22	23-25	0	741	741	741	741	0	0	-
20,21	22-24	17	709	726	709	726	0	0	+
22	24-25	15	726	741	726	741	0	0	+
23,24	25-26	13	741	754	741	754	0	0	-
25	26-27	19	754	773	762	781	8	0	-
26	27-28	0	773	773	781	781	8	8	-
23,24	25-28	40	741	781	741	781	0	0	+
25,27	28-29	23	781	804	784	807	3	0	-
28	29-31	0	804	804	807	807	3	3	-
25,27	28-30	20	781	801	787	807	6	0	-
28	30-31	0	801	801	787	807	6	6	-
25	28-31	26	781	807	781	807	0	0	+
28,29,30	31-32	88	807	895	807	895	0	0	+
31	32-33	7	895	902	895	902	0	0	+

Рассмотрим элементы сетевого графика:

- Работа – это производственный процесс, требующий затрат времени и материальных ресурсов и приводящий к достижению определенных результатов. Изображается на графике сплошной стрелкой;

- Зависимость – вводится для отражения технологической и организационной последовательности работ и не требуют ни затрат времени, ни ресурсов. Зависимость изображается пунктирной линией;

- Событие – это факт начала или окончания одной или нескольких работ:



где $T_{р.н}$ – характеризуется выполнением всех предшествующих работ и определяется продолжительностью максимального пути от исходного события всей модели до начального события рассматриваемой работы; $T_{р.о}$ – определяется суммой раннего начала и продолжительности рассматриваемой работы; $T_{п.о}$ – определяется разностью продолжительности критического пути и максимальной продолжительности пути от завершающего события всей модели до конечного события рассматриваемой работы; $T_{п.н}$ – определяется разностью позднего окончания и продолжительности рассматриваемой работы; $i_{н.с.}$ – код начального события; $j_{к.с.}$ – код конечного события; R_0 – общий резерв времени, определяется как разность позднего и раннего начала работы или позднего и раннего окончания работы; $R_ч$ – частный резерв времени; t – продолжительность события определяется как разность раннего начала последующей работы и раннего окончания рассматриваемой работы; P – количество рабочих; n – количество смен;

Выводы

Рассмотренная задача позволяет сделать вывод о том, что математическое моделирование является мощным средством как при решении прикладных задач в инженерной деятельности, так и для описания таких понятий как построение сетевых графиков выполнения строительных работ. Конечно, сегодня при решении технических задач повсеместно используются специализированные программные продукты, позволяющие производить расчеты быстро и точно. Но наличие компьютерных технологий не отменяет необходимости оперирования фундаментальными знаниями, если речь идет о специалисте высокой квалификации, который готов решать сложные задачи, предлагая нестандартные решения.

Примечания:

1. Сидоров В.Н., Ахметов В.К. Математическое моделирование в строительстве: учебное пособие. М., 2007.
2. Федоткин И. Математическое моделирование технологических процессов. М., 2011.

УДК 51

Математическая модель как способ, определяющий взаимосвязь объектов и действий¹Татьяна Юрьевна Яковенко²Якунина Наталья Федоровна³Артем Кадревич¹⁻³Сочинский государственный университет, Российская Федерация¹Кандидат технических наук, доцент²Кандидат математических наук, доцент³E-mail: yat55@yandex.ru

Аннотация. В статье обсуждаются вопросы математического моделирования в рамках его применения у студентов-инженеров. Представлена разработанная модель в виде сетевого графика для осуществления работ, связанных со строительством гостиницы.

В заключение автор подчеркивает, что рассмотренная задача позволяет сделать вывод о том, что математическое моделирование является мощным средством как при решении прикладных задач в инженерной деятельности, так и для описания таких понятий как построение сетевых графиков выполнения строительных работ.

Ключевые слова: математическое моделирование, эксперимент, модель, сети.