

## Посилання на статтю

Снитко Е.А. Влияние количества ресурсов на организационно-технологические схемы и параметры реализации строительного проекта / Е.А. Снитко / Управление проектами и развитие производства: Сб.наук.раб., - М.: изд-во ВНУ им. Даля, 2008. - № 3 (27). - С. 42-51. - Режим доступа: <http://www.pmdp.org.ua/images/Journal/27/08searsp.pdf>

УДК 624.04.001.63

**Е.А. Снитко**

### **ВЛИЯНИЕ КОЛИЧЕСТВА РЕСУРСОВ НА ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СХЕМЫ И ПАРАМЕТРЫ РЕАЛИЗАЦИИ СТРОИТЕЛЬНОГО ПРОЕКТА**

Решена задача распределения ограниченных ресурсов эвристическим методом на основе правила предпочтения на сетевой модели технологического графа. Это позволяет определить организационно-технологическую схему, соответствующую данному количеству ресурсов, т.е. определяет количество захваток, очередность и последовательность выполнения работ, схему движения машин и механизмов, при которых проект реализуется с минимальной продолжительностью. Рис. 7, табл. 1, ист. 4.

Ключевые слова: анализ, реализация, организационно-технологические схемы, планирование, технологический граф, оценка, эвристические методы.

**Снітко Е.О.**

### **ВПЛИВ КІЛЬКОСТІ РЕСУРСІВ НА ОРГАНІЗАЦІЙНО- ТЕХНОЛОГІЧНІ СХЕМИ ТА ПАРАМЕТРИ РЕАЛІЗАЦІЇ БУДІВЕЛЬНОГО ПРОЕКТУ**

Розв'язана задача розподілу обмежених ресурсів евристичним методом на основі правила вподобання на сітьовій моделі технологічного графу. Це дозволяє визначити організаційно-технологічну схему, яка відповідає заданій кількості ресурсів, тобто визначає кількість захваток, черговість та послідовність виконання робіт, схему пересування машин та механізмів, при якій проект реалізується за мінімальним терміном. Рис. 7, табл. 1, дж. 4.

Ключові слова: аналіз, реалізація, організаційно-технологічні схеми, планування, технологічний граф, оцінка, евристичні методи.

**Y.A. Snitko**

### **RESOARSES QUANTITY INFLUENCE ON ORGANIZATIONAL- TECHNOLOGICAL SHEME AND THE DEVELOPMENT PROJECT REALIZATION PARAMETERS**

Limited resources distribution task is solved using heuristic method on the base of preference on the technological graph net model. It allows determining the organizational-technological diagram, which corresponds to target resources quantity, i.e., determines a quantity of checking devices, works priority and sequence, machines and mechanisms flow chart, when the project is realizing with the minimum duration.

Keywords: analysis, implementation, organizational and technological schemes, planning, process count, estimate, heuristic methods.

**Постановка проблемы.** Проблема реалистичной оценки параметров реализации строительных проектов сегодня весьма актуальна. Основное внимание сегодня должно быть уделено наиболее важным показателям реализации проекта – времени, ресурсам и затратам. Прежде всего, принципиальной проблемой является разработка минимального, по стоимости, плана реализации проекта при ограничении по времени, ресурсам и затратам. К сожалению, существующие в Украине традиционные методики оценивания не учитывают комплексный подход к решению проблемы обеспечения строительства таким ресурсом, как машины и механизмы.

В связи с этим возникает необходимость разработки методики оценки влияния количества ресурсов на организационно-технологические схемы и параметры реализации строительного проекта.

**Целью статьи** является рассмотрение и анализ процесса планирования реализации строительного проекта при ограниченном и неограниченном количестве ресурсов на основании построения технологического графа с использованием эвристических методов.

Для достижения поставленной цели в работе решены такие задачи:

- рассмотрена методика распределения ресурсов;
- оценена продолжительность работ проекта в целом на конкретном примере.

**Основная часть исследования.** Для любого строительного проекта имеются такие исходные данные:

- перечень работ, их содержание и объем, определяемые по чертежам;
- необходимые ресурсы для выполнения отдельных работ, рекомендуемые ресурсно-элементной сметной нормой [1];
- нормативные данные о трудозатратах и затратах времени строительных машин и механизмов [1,2].

Для реалистичной оценки параметров реализации строительного проекта необходимо учитывать:

- характеристики ресурсов и условия их использования;
- ограничения по количеству и качеству используемых ресурсов на каждой работе;
- ограничения по времени использования ресурсов.

Структура работ, количество и качество ресурсов – основные данные для оценки параметров реализации проекта.

Для оценки параметров реализации проекта предлагается:

- построение технологического графа на основе номенклатуры, объемов работ в нормо-часах, определяемых, исходя из физического объема и норм времени, а также, исходя из структуры разбивки работ проекта;
- формирование временных и ресурсных ограничений по каждой работе;
- распределение имеющихся или доступных ко времени ресурсов;
- оценка параметров реализации (продолжительности и стоимости выполнения работ);
- определение количества ресурсов в единичном интервале времени (построение ресурсного профиля).

При построении технологического графа реализации строительного проекта не следует одновременно планировать (рассматривать) ресурсы, стоимость и технологическую последовательность работ в проекте [3]. Необходимо сосредоточить внимание только на логике (анатомии) проекта, забыв о ресурсах и стоимости. Упорядочение работ в технологическом графе основано только на технологической последовательности и временном совмещении работ.

Распределение ресурсов является существенной частью планирования реализации проекта. Оно (распределение) отвечает на вопрос: является ли план ресурсно (физически) реализуемым?

Рассмотрим методику распределения ресурсов и оценку продолжительности работ проекта в целом на конкретном примере строительства трехпролетного одноэтажного корпуса с примыкающим двухэтажным корпусом из сборных железобетонных конструкций. Зададимся условием, что на одной захватке работает только один кран с требуемым к нему количеством монтажников. Рассмотрим только монтаж корпуса из железобетонных конструкций.

Рассмотрим варианты разбивки на захватки и возможности производства работ во времени:

1. Фундаменты железобетонные, сборные. Их в среднем ряду 46, в крайних рядах 56 и в примыкающем корпусе 48. Схема разбивки на захватки при укладке фундаментов под колонны представлена на рис. 1.

1		
2	5	6
3		
4		

Рис. 1. Схема разбивки на захватки по укладке фундаментов под колонны

Ширина пролета 24 м, и ничто не мешает укладку фундамента производить одновременно на 5 захватках.

2. Установка колонн. Их столько, сколько фундаментов. Также разбиваем на захватки и так же установка может быть произведена одновременно на 5 захватках.

3. Укладка обвязочных балок и ригелей в административном корпусе. Можно разбить на 4 захватки.

4. Установка металлических стропильных ферм и укладка покрытия в главном корпусе. Количество ферм 69, то есть 23 на каждом пролете, с общей массой 897 т, связи балок общей массой 792 т и кровельного покрытия в главном корпусе. В административном корпусе металлические фермы общей массой 91 т. Покрытие в главном корпусе 9504 м<sup>2</sup>, в административном 1246 м<sup>2</sup> (рис.2).

1	4
2	
3	

Рис. 2. Схема разбивки здания на захватки при установке стропильных ферм, связей, балок покрытия, покрытия в главном и административном корпусе

Укладка фундаментных балок и установка стеновых панелей. Количество балок 74, панелей многослойных 486 шт. Можно, конечно рассматривать отдельно укладку фундаментных балок, но обычно на практике одним краном монтируется и то и другое. По данным работам объект можно разбить на две или четыре захватки (рис. 3).

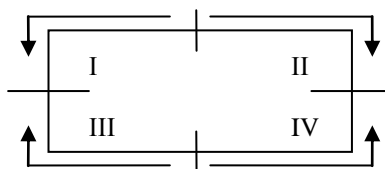


Рис. 3. Схема разбивки здания на захватки при укладке фундаментных балок и стеновых панелей

Здесь, как и в предыдущих работах, с точки зрения конструктивных ограничений ничто не мешает одновременно проводить работы на всех захватках.

Все необходимые расчетные параметры сведены в табл. 1.

Таблица 1

**Расчет продолжительности монтажных работ**

№ п/п	Наименование работ	Ед. изм.	Общий объем на задание	Нормативные затраты времени по ДБН			Затраты времени на общий объем работ			Затраты времени	
				м-ч	ч-ч	ч-ч маш.	м-ч	ч-ч	ч-ч маш.	Продолжительность	Продолжит. на захватке
1.	Укладка фундаментов										
	а)	100 шт.	56	77,14	278,4	123,54	42,43	153,12	67,95	6 см	3
	б)	100 шт	46	101,07	403,1	190,0	46,46	185,38	87,4	6 см.	3
	в)	100 шт.	48	101,07	403,1	190,0	42,42	169,26	79,8	6 см.	3
2.	Установ. колонн										
	а)	100 шт.	56	162,4	11294,85	213,84	89,39	712,16	145,11	12 см.	6
	б)	100 шт.	46	279,0	2378	430,18	128,34	1093,3	200,3	16 см.	8
	в)	100 шт.	48	266,8	204,55	509,18	117,8	888,76	280,2	14 см.	7
3.	Установ. балок обвязочных	100 шт.	74	61,77	794,6	105,6	46,33	595,5	78,75	6	3
4.	Монтаж стр. ферм в гл. корп.	1 т	13*69=897	2,19	14,27	3,1	1964,49	12800,2	2780,7		
5.	Установка связей и балок в гл. корп.	1 т	1,5*528=792	1,45	12,35	2,4	1148,4	9781,2	2246,8	14	
6.	Установка ригелей перекрытия	100 шт.	48	105,85	1638,5	200,81	50,81	780,63	99,27	6 см.	3
7.	Установка плит перекрытия	100 шт.	72	45,53	639,45	81,85	32,78	460,40	58,93	4 см.	2
8.	Кровельн. покрытие в гл. корп.	100 м <sup>2</sup>	9504	3,38	50,12	4,84	318,38	4763,4	459,99		
9.	Монтаж стр. ферм в админ. корп.	1 т	7*13=91	2,78	19,04	4,2	252,98	1732,64	388,2	32 см	32 см

10.	Кров. покрытие в админ. корп.	100 м <sup>2</sup>	1246	4,88	64,0	17,12	63,24	829,49	221,87	8	8
11.	Укладка фундам. балок	100 м <sup>2</sup>	74	35,38	545,40	52,5	26,16	402,56	38,85		
12.	Монтаж стен. панелей	шт.	486	162,4	1023,7	262,3	790	4975,5	1273	99	33

С учетом вышеупомянутых условий технологической и временной последовательности работ построен технологический граф с учетом максимально возможного временного и технологического совмещения работ.

Технологический граф представлен на рис. 4. Под стрелкой приведены продолжительности в днях.

Определены критические работы и критический путь в днях. Исходя из односменного режима работы и исходя из того, что на одной захватке работает один кран с приданными людьми.

*Вариант 1.* Теперь представим, что ресурсы неограниченны или доступны для плана реализации проекта, изображенного технологического графа. Тогда реализация пройдет в расчетные сроки, указанные на рис. 5, за 190 дней.

Как видно из графика в некоторые промежутки времени на площадке одновременно работает 6 кранов с 1 по 9 день. Это при ранних сроках начала. При поздних сроках эти шесть кранов одновременно будут работать в конце срока реализации при монтаже ферм и покрытий.

Среднее количество кранов при полученной расчетной продолжительности 190 дней составляет:

$$\frac{4873 \times 8}{190} = 3,2 \text{ крана.}$$

Прежде чем рассмотрим другие варианты, определимся, как можно сократить продолжительность. Прежде всего бросается в глаза длительность производства работ по монтажу ферм и покрытий, а также установке стеновых панелей как в главном корпусе, так и в административном. Если на этих работах увеличить количество захваток в 2 раза, то продолжительность реализации проекта сократится на 86 дней – 71 день на монтаже ферм и покрытий и 15 дней на установке стеновых панелей. При этом организационно-технологическая схема будет выглядеть иной, так как эти работы будут производить по такой схеме, рис. 6.

1	4
2	
3	

Рис. 6. Монтаж ферм, связей, балок, покрытий

В примыкающем административном корпусе нельзя производить работы, в противном случае, некуда отступить крану 40 т. Или оставить место для движения крана, а потом выполнить все работы. При этом одновременно на площадке может работать до 8 кранов.

При такой схеме требуется в среднем:

$$4873 \text{ м-с} : 8 / (190 - 86 \text{ дн}) = 5,85 \text{ кранов.}$$

Если количество кранов ограничено, то какие схемы соответствуют этому количеству и какие конечные результаты реализации проекта.

*Вариант 2.* Имеются только три крана и рабочие для работы крана обеспечены в том количестве, которое косвенно рекомендует РЭСН [1,2]. Здесь для распределения ограниченных ресурсов необходимо решить задачу распределения ограниченных ресурсов эвристическим методом, в котором применяются правила предпочтения.

Результаты решения задачи распределения кранов представлены на рис.6 в виде сетевого графика. На рисунке над стрелкой обозначены номера кранов, пунктирными линиями обозначены схемы перехода кранов после окончания выполнения одной работы для выполнения другой работы. При этом продолжительность реализации проекта составляет 249 дней и среднее количество кранов составляет:

$$4873:8/249=2,44,$$

т.е. это говорит о том, что краны работают почти постоянно.

При решении задачи распределения ограниченных ресурсов (краны) в качестве критерия предпочтения принят минимум резервов времени. Так например, при укладке фундаментов под колонны на шести захватках в работы по установке колонн в средних рядах главного корпуса не имеет резервов времени, поэтому в первую очередь были направлены ресурсы (кран и люди) на выполнение этих работ. Оставшийся кран был направлен на выполнение работ по укладке фундаментов в одном из крайнего ряда главного корпуса, так как они имеют меньший резерв времени, чем в работах на административном корпусе. Если в качестве критерия предпочтения был принят максимум ресурсо - часов крана, то результаты решения были такими же.

*Вариант 3.* Аналогично была решена задача распределения 2 кранов по работам проекта, результаты которого представлены на сетевом графике рис.7.

При этом, конечно, требуется иная разбивка здания на захваты. При двух кранах проект реализуется в 340 дней.

Можно рассмотреть и другие варианты, с ограниченным количеством монтажников на один кран, другие грузоподъемные механизмы и т.д.

Однако рассмотрение и анализ процесса планирования реализации строительного проекта при ограниченном количестве ресурсов показывает [3,4], что распределение ресурсов, тем более ограниченных, является органической и существенной частью планирования реализации строительного проекта. Оно отвечает на вопрос: является ли план ресурсно реализуемым. План годится для дела (для разработки графиков, определения продолжительности, оценки стоимости, контроля и регулирования) лишь тогда, когда в наличии имеются все необходимые ресурсы.

**Выводы.** Распределение ограниченных ресурсов эвристическим методом на основе правила предпочтения последовательным, параллельным или комбинированным методом дает минимальную длительность реализации проекта [3,4]. При этом используются различные временные ограничения, типа «не раньше», «не позже» и «точно к такому сроку». Задача распределения ограниченных ресурсов, по сути, – это задача определения минимальной длительности реализации проекта при ограниченных ресурсах с учетом временного, технологического и пространственного совмещения как однородных, так и разнородных работ. То есть, построение расписания работ (графика).

Методика распределения ограниченных ресурсов позволяет решать задачи распределения и при переменной интенсивности использования ресурсов на каждой работе, что очень важно для практики, так как часто это количество меняется.

Решение задачи распределения ресурсов на сетевой модели технологического графа определяет организационно-технологическую схему, соответствующую данному количеству ресурсов, т.е. определяет количество захваток, очередность и последовательность выполнения работ, схему движения машин и механизмов, при которых проект реализуется с минимальной продолжительностью.

#### **ЛИТЕРАТУРА**

1. ДБН Д.2.2-2000. РЭСН. – К.: Укрархбудінформ, 2000. – 123 с.
2. ДБН Д.2.7-2000. Усереднені показники вартості експлуатації будівельних машин та механізмів. – К.: Укрархбудінформ, 2001. – 255 с
3. Тянь Р.Б., Ткаченко В.А. Планирование и контроль деятельности предприятий. – Дн-ск: ДУЭП, 2004. – 305 с.
4. Ильин Н.И. и др. Управление проектами. – СПб: Дса-три, 2004. – 410 с.

Стаття надійшла до редакції 10.08.2008 р.