

- 3 – стенды тематические;
- 4 – указатели, элементы ориентации;
- 5 – административная информация и т. д.

Выводы. 1. На основе исследования травмоопасных ситуаций необходимо разработать тематику и содержание средств визуальной информации по видам работ и условиям труда при реконструкции предприятий, производстве работ в сложившейся городской застройке и ремонте инженерных сетей.

2. Отмеченные недостатки в организации элементов визуальной информации на строительной площадке подтверждают мнение о необходимости организации системной информации по охране труда, элементы которой должны составлять единую пространственно-непрерывную систему.

3. Современное строительное производство требует разработки отраслевого стандарта, регламентирующего требования к размещению и применению средств визуальной информации по охране труда в отрасли.

4. Правильно организованная система информации по безопасности труда будет способствовать дальнейшему снижению уровня производственного травматизма в строительной отрасли при реконструкции строительных объектов и инженерных сетей.

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Диденко Л. М. Охрана труда при реконструкции промышленных предприятий / Л. М. Диденко, В. Г. Каховский, В. В. Сафонов. – К. : Будівельник, 1986. – 172 с.
2. Диденко Л. М. Совершенствовать организацию визуальной информации по охране труда в строительном производстве. Мат. науч.-техн. семинара / Л. М. Диденко, А. Н. Березюк, И. М. Эльви. – Л. : ЛДНТП, 1988. – 186 с.
3. Знаки безопасности для предприятий газовой промышленности: ОСТ 51.55 – 79. – [действует с 1980 – 01 – 01]. – М. : ИПК Изд-во стандартов, 1980. – 18 с. – (Отраслевой стандарт).
4. Котов К. К. Профилактика травматизма средствами визуальной информации / К. К. Котов, С. Н. Сафьян, Г. А Щербина // МиСРС. – 1985. – № 1. – с. 21 – 23.
5. ССБТ. Цвета сигнальные и знаки безопасности: ГОСТ 12.4.026 – 76*. – [действует с 1978-01-01]. – М.: ИПК Изд-во стандартов, 1978. – Переиздание (август 1999 г.) с Изменениями № 1, 2, утвержденными в сентябре 1980 года. (ИУС 12 – 80, 10 – 86) – (Межгосударственный стандарт). – 25 с.

УДК 69.06:658.012.2

СИСТЕМОТЕХНИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ПЛАНИРОВАНИЯ И РАЗВИТИЯ ПРОИЗВОДСТВА

*И. Д. Павлов, д. т. н., проф. *, И. А. Арутюнян, к. т. н., доц. *, Ф. И. Павлов, к. т. н., доц.
Запорожская государственная инженерная академия

Ключевые слова: *системотехнические проблемы, управленческие решения, логистика, логистические принципы, экономико-математическая модель, теория двойственности*

Постановка проблемы. Решение задачи планирования и развития производства характеризуется необходимостью учета всех составляющих его элементов, их взаимодействия и специфики различных условий функционирования таких систем.

Анализ проблемы. Для совместной работы элементов системы необходимо обеспечить сквозную информационную поддержку, которая базируется на совместимости единства моделирующей и математической основ. Система как единое целое функционирует благодаря наличию синергетических связей между ее элементами, которые обеспечивают увеличение их общего эффекта до значения большего, чем сумма эффектов этих элементов, действовавших независимо. Несмотря на значительные исследования и успех в решении вопроса организации совместных работ разных интегрированных систем, существует широкий комплекс проблем

относительно моделирования и учета межсистемных связей, а вместе с тем интересов участников сложного производственного процесса.

Цель работы. Исследование проблемы совместной работы элементов производственных систем с учетом межсистемных связей на базе принципов системотехники и логистики.

Основной материал. Резервы решения большинства организационно-технологических проблем находятся в комплексе взаимосвязей функциональных подсистем строительного производства, а не только на стыках и ничейных зонах отдельных подсистем. Нарушение системной методологии (системы принципов и способов организации и построения теоретической и практической деятельности) привело к разобщенности подходов в информационных и функциональных аспектах, отсутствию единства моделирующего пространства и сквозной информационной поддержки при решении комплекса задач организационно-технологической подготовки, а также совместимости и единого знаменателя [2; 3].

Управленческие функции включают основные (базовые) виды деятельности, которые осуществляют управленческие работники (менеджеры) на всех уровнях и во всех предметных областях знаний по созданию проектов (объектов, программ).

Предметные области подсистем и управленческие элементы включают сроки, трудовые ресурсы, стоимость и издержки, доходы, закупки и поставки ресурсов и услуг, распределение ресурсов, изменения и риски, информацию и коммуникации, запасы и качество. Все перечисленное требует управления и образует подсистемы по основным предметным областям.

Принятая методология выделения на основе анализа подсистем из систем управления строительным производством базируется на четырех крупных подсистемах: структурная – по уровням управления, функциональная, этапная (временная или подсистема планирования), обеспечивающая.

Структурная подсистема выделяет имеющиеся уровни управления в соответствии с существующей организационной структурой управления – первый уровень, второй, или министерство – главк (компания), комбинат (ассоциация), трест, СМУ (фирма).

Функциональная подсистема отражает функции управления – управление обеспечением МТР, управление трудовыми ресурсами, управление закупками и поставками ресурсов, управление стоимостью, управление рисками, управление изменениями, качеством, управление коммуникациями и информацией и др.

Этапная (временная) подсистема рассматривает предметные области, управляемые элементы и включает сроки, трудовые ресурсы, стоимость и издержки, закупки и поставки ресурсов и услуг, изменения, риски и др. Если выделить функцию планирования, то она реализуется в стратегическом, годовом и оперативном разрезах. Так, например, трудовые ресурсы распределяются по названным этапам планирования.

Обеспечивающая подсистема включает составляющие ее блоки: ИО – информационное обеспечение, МО – математическое обеспечение, ТО – техническое обеспечение, ЛО – лингвистическое обеспечение, ПО – программное обеспечение, ОО – организационное обеспечение, МеО – методическое обеспечение.

Таким образом, задача планирования, размещения и развития строительного производства (база строительной индустрии в региональном строительном комплексе) является организационно-технологической проблемой, решение которой находится на стыках и в ничейных зонах комплекса взаимосвязанных функциональных подсистем строительного производства. Для учета влияния взаимосвязности, взаимодействия необходимо уметь разрабатывать модели, адекватные условиям задачи, раскрыть и учесть информационные, функциональные и другие необходимые межсистемные связи, взаимодействующие достижениями системой конечного заданного результата [2; 5].

На стыках и в ничейных зонах систем происходят нежелательные неблагоприятные процессы:

- сбои в работе в связи с отсутствием системного подхода;
- неконтролируемые действия;
- нехватка информации и неразбериха;
- разобщенность в подходах и запутанность;
- дублирование и перекрытие участников процесса;
- враждебность внутри системы ввиду алогичных действий;
- противоречивость нормативной базы;

- отсутствие синергизма и адаптивности, нарушение принципов логистики как составляющей системотехники;

- несопоставимость, отсутствие единства среды и совместимости и др.

Учет перечисленных и др. факторов представляет трудную задачу управления, решение которой объясняет требование адекватного подхода к их моделированию и реализации соответствующих функций. Сложная структура систем, функциональная целостность и устойчивость единства с внешней средой составляют основу гармоничного менеджмента, т. н. упорядоченности, согласованности, устойчивости, стабильности, строгости всех составных частей как внутри, между собой, так и с внешними функциями.

Проблема планирования, размещения и развития производства (например, базы строительной индустрии) требует ее решения с учетом межсистемных связей, которые должны отражать весь комплекс проблемных функциональных вопросов и найти воплощение в предлагаемой экономико-математической модели.

По мировым стандартам существует типовая методика в подходе к решению системотехнических проблем, которая включает семь этапов. Кроме постановки задачи, следует ее описать и разработать модель, после чего приводится (находится, предлагается, разрабатывается) метод решения, а по нему – алгоритм и решаются вопросы программирования, а также определяется эффект (польза) от внедрения предлагаемой методики. Модель задачи должна носить интеграционный характер и минимизировать разобщенность между стыковыми блоками (функциональными подсистемами).

Для преодоления асимметрии в моделировании предлагается новый подход, который, по нашему мнению, нейтрализует многие (но не все) негативные вопросы, приведенные выше.

Такой подход представлен на рисунке 1.



Рис. 1. Интеграция производства с учетом межсистемных связей

Резервы при решении проблем находятся в комплексе взаимосвязей функций и подсистем на стыках в ничейных зонах.

Описательная структура второго этапа стандарта требований (семь этапов) приведена на рисунке 1, где видно, что ее первый блок включает элементы логистической системы и, в первую очередь, закупки и поставки сырья. Следует установить объемы поставок из предполагаемых источников, а при решении задачи поставок (блок 1 рис. 1) после следует закупка сырья.

Установленный объем поставок в результате решения задачи управления (блок 1 рис. 1) необходимо транспортировать на предприятия стройиндустрии.

Рассмотрим блок 2 (рис. 1). Объем сырья может доставляться в полном объеме на одно предприятие, а может максимальный поток поставок распараллеливаться (разделиться на несколько). Это станет ясно в результате комплексного решения задачи, где имеет место смешанная стратегия, которая способствует выбору экономного варианта (промежуточного).

Следующий блок 3 (рис. 1) решает проблему функциональной подсистемы производства продукции (например, столярных изделий).

Блок 4 (рис. 1) реализует задачу перевозки готовой продукции и отвечает на вопросы, сколько по объему, откуда, куда (потребитель) перевозить продукцию.

Блок 5 (рис. 1) определяет объемы материальных продуктивных потоков и таким образом удовлетворяет спрос на продукцию.

На рисунке 2 представлена модель, разработанная на основе теории графов [1; 5], которая объединила при предлагаемом подходе пять производственных блоков (функциональных подсистем). По нашему убеждению, такая модель способна отразить межсистемные связи цепи сырье – транспорт – производство продукции – транспорт – потребитель.

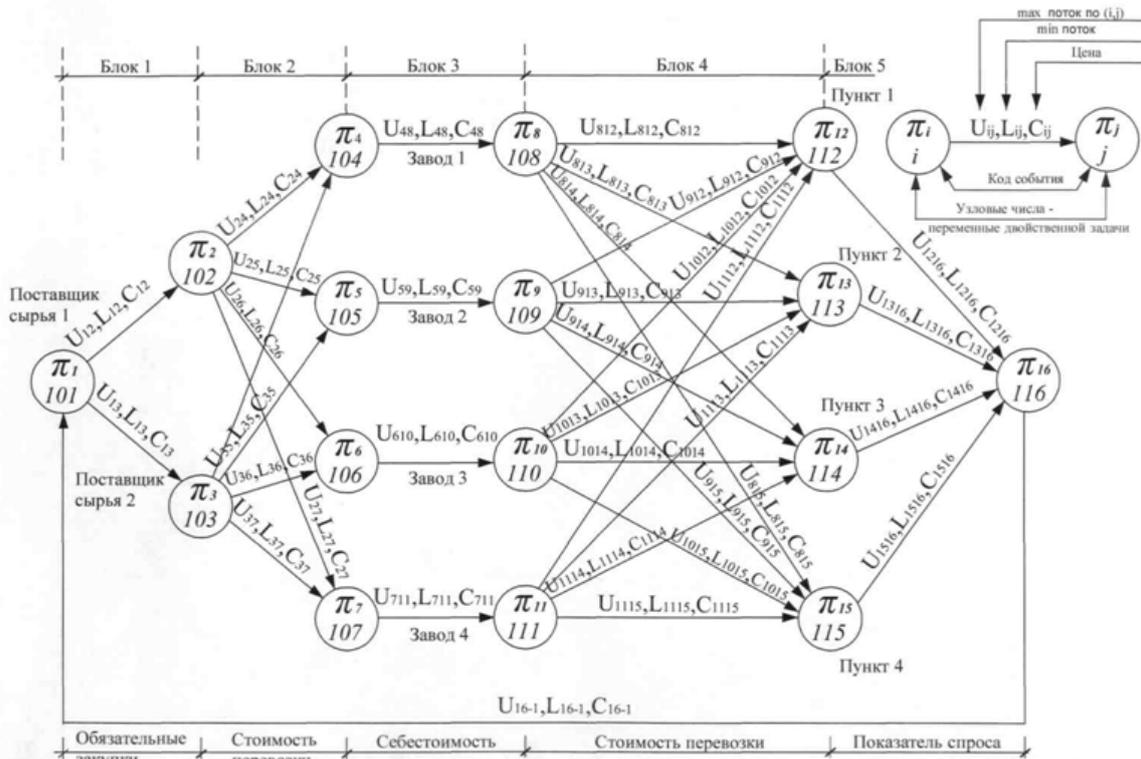


Рис. 2. Общая модель производства и распределения

При подготовке исходной информации могут возникнуть следующие трудности. В первую очередь, разноразмерность (рассогласование) в единицах производства и транспорта материальных потоков, например, организация производства столярных изделий для удовлетворения потребностей в регионе, доставка исходного сырья древесины производится в м³, транспорт в тоннах, производство изделий в м², транспортировка продукции в тоннах; а потребители (столярные блоки) – в м². А задача рассматривается однопродуктовая, отсюда и размерности ее должны быть совместимые (идентичные).

В каждом конкретном случае модель имеет структуру хоть и не универсальную, но содержащую элемент аналогии и подобия, а исходные данные имеют особенности в их подготовке и преобразовании для формирования информационных массивов. Для разных задач существуют специфические подходы к формированию информационного состояния.

Разработка модели (сетевого графика) осуществляется по правилам, которые используются при моделировании производственных систем (объекты строительства, транспортная задача на сети, задача о назначениях, потоковые задачи и др.) При этом вид модели имеет аналогии и включает элементы типизации, а информационные составляющие отличаются между собой для конкретных задач, что является затруднительным моментом для исследования и при подготовке исходных массивов, а также требует применения элементов творчества для владения и понимания ситуации.

Структура модели развития и размещения должна обладать гибкостью в моделировании процессов и отражать многообразие связей всех участников производственного процесса. Чистая модель не может отразить увязку многообразных участников процесса. Конструирование сетевой модели при нашем подходе охватывает число переменных, отражающих суть ситуации, и не требует больших затрат времени при формировании исходных моделей.

Таким образом, модель не должна жестко зависеть от влияния отдельных факторов, она должна быть универсальной. Все изменения следует корректировать исходными данными, а межсистемные связи отражают (вписывать) в модель, размер которой зависит только от широты охвата вовлеченных участников.

Экономико-математическая модель может иметь вид матричного представления (например, симплекс-метод). Сетевое представление ситуации имеет линейную природу, как и симплекс-метод, но последний вариант связан с трудностями представления задачи к каноническому (стандартному) виду, и, как правило, разнообразие ограничений (\leq , \geq , $=$) существенно влияет на размерность задачи. Часто исходное (начальное) преобразование сводится к решению т. н. М-задачи линейного программирования (ЛП). Кроме названных трудностей, имеет место сложность физического толкования задачи, а сетевая интерпретация в этом отношении имеет преимущества.

Рассмотрим предложенную экономико-математическую модель развития и размещения строительного производства с учетом влияния межсистемных связей.

Модель представляет собой ориентированный граф $G(U, A)$, который имеет ограниченную пропускную способность, т. е. существуют всегда заданные верхние и нижние границы материального потока по всем $(i, j) \in A$ и это ограничение не должно нарушаться. Границы изменения потока могут быть равны нулю или бесконечности, т. е. $f_{ij} \in [0 - \infty]$, f_{ij} – материальный (дуговой) поток.

Для постановки задачи используем следующие обозначения: f_{ij} – дуговой материальный поток, L_{ij} – нижняя пропускная способность дуги (i, j) , F_{ij} – верхняя пропускная способность дуги (i, j) , C_{ij} – стоимость единицы потока из i в узле j .

Общая задача может быть сформулирована в виде специальной задачи линейного программирования.

Минимизировать целевую функцию задачи

$$L(f) = \sum_a C_{ij} f_{ij} \rightarrow \min \quad (1)$$

при ограничениях на пропускную способность дуг

$$1) f_{ij} \leq F_{ij}, \quad (i, j) \in A; \quad (2)$$

$$2) f_{ij} \geq L_{ij}, \quad (i, j) \in A; \quad (3)$$

$$3) \sum f_{ij} - \sum f_{ji} = 0 \quad \text{для всех } i \in U, i \neq j \quad (4)$$

– условие сохранения потока.

Задача определения оптимального потока, соответствующая циркуляции минимальной стоимости, представлена в виде специальной потоковой задачи оптимального программирования (1) – (4).

Это есть основная формулировка для описания АИД (алгоритм исключения дефекта) [1; 4].

Природа теории двойственности линейного программирования предполагает наличие двойственной задачи и равенство значений целевых функций прямой и ей обратной задачи.

Условие (1) переформулируем как $L(f_{ij}) = \sum_A -C_{ij}f_{ij} \rightarrow \max$ (5)

при ограничениях:

1) $\sum_i f_{ij} - \sum_i f_{ji} = 0$, для всех $i \in U$ (условие сохранения потока); (6)

2) $L_{ij} \leq f_{ij} \leq F_{ij}$, ограничения на поток снизу и сверху; (7)

3) $f_{ij} \geq 0$. (8)

Для использования стандартной процедуры АИД значение (1) умножили на -1 и эту задачу рассматриваем как прямую, согласно известному результату в ЛП сформулируем двойственную задачу к (5) – (8).

Определить целевую функцию задачи

$$Z(x) = \sum_A F_{ij}\alpha_{ij} - \sum_A L_{ij}\delta_{ij} \rightarrow \max$$
 (9)

при условии, что

$$\pi_i - \pi_j + \alpha_{ij} - \delta_{ij} > -C_{ij}, \quad \text{для } (i, j) \in A. \quad (10)$$

π_i не имеет ограничений по знаку для всех $i \in U$,

$$\alpha_{ij} \geq 0 \quad (i, j) \in A, \quad \delta_{ij} \geq 0 \quad (i, j) \in A.$$

Переменные π_i (их называют еще и узловыми числами) представлены в верхней части событий (рис. 2) и соответствуют ограничениям, описывающим условие сохранения потока в прямой задаче и принимают произвольные значения, поскольку эти ограничения имеют вид равенства.

Переменные α_{ij} , δ_{ij} в двойственной задаче соответствуют ограничениям сверху и снизу на потоки по операциям $(i, j) \in A$. Ограничения на границы потока и есть коэффициенты для переменных α_{ij} и δ_{ij} в (9).

Рассмотрим методический пример. В нем из источника 1 в сток 4 по сети, приведенной на рисунке 3, требуется доставить три единицы продукта. Каждой $(i, j) \in A$ приписана (задана) тройка значений (F_{ij}, L_{ij}, C_{ij}) . Величина потока, которую следует доставить из источника 1 в источник 4, будет равна величине потока по дуге (4 – 1) и определить ее можно, если положить $F_{ij}, L_{ij} = 3$, а стоимость единицы потока по (4 – 1) должна быть нулевой $C_{ij} = 0$.

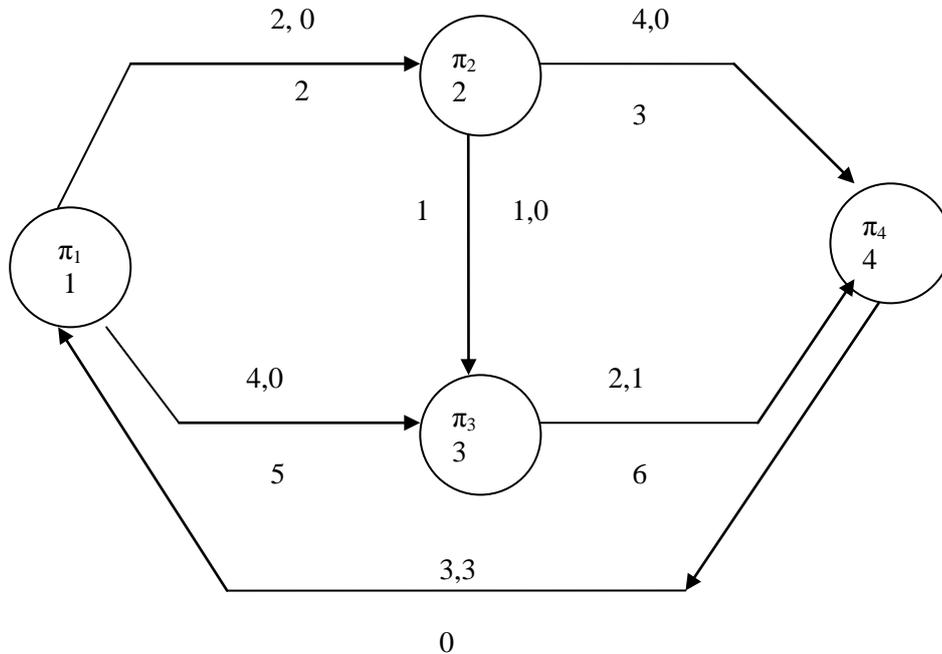


Рис. 3. Замкнутая модель с ограниченной пропускной способностью

Прямая задача для приведенного примера формулируется следующим образом. Определить значение целевой функции прямой задачи

$$L(f) = -2f_{12} - 5f_{13} - f_{23} - 3f_{24} - 6f_{34} \rightarrow \max.$$

Ограничения:

$$\begin{aligned} f_{12} + f_{13} - f_{41} &= 0, & -f_{12} + f_{23} + f_{24} &= 0, \\ -f_{13} - f_{23} + f_{34} &= 0, & -f_{24} - f_{34} + f_{41} &= 0 \end{aligned} \quad \text{— узлы}$$

$$\begin{aligned} f_{12} \leq 2, \quad f_{13} \leq 4, \quad f_{23} \leq 1, \quad f_{24} \leq 4, \quad f_{34} \leq 2, \quad f_{41} \leq 3 &\text{ — верхние границы} \\ -f_{34} \leq -1, \quad -f_{41} \leq -3 &\text{ — нижние границы.} \end{aligned}$$

Нас интересует такое решение, при котором значения переменных f_{ij} , а их следует определить из заданного диапазона ($F_{ij} - L_{ij}$), получают результат, $\max L(f)$.

Рассмотрим двойственную задачу

π_1	$-\pi_2$			+	α_{12}					\geq	-2
π_1		$-\pi_3$			+	α_{13}				\geq	-5
	π_2	$-\pi_3$				+	α_{23}			\geq	-1
	π_2		$-\pi_4$				+	α_{24}		\geq	-3
		π_3	$-\pi_4$					+	α_{34}	\geq	-6
π_1			$+\pi_4$					+	α_{41}	\geq	-0

$$Z(x) = 2\alpha_{12} + 4\alpha_{13} + 1\alpha_{23} + 4\alpha_{24} + 2\alpha_{34} + 3\alpha_{41} - \delta_{34} - 3\delta_{41} \rightarrow \min.$$

Результат решения 8-я итерация.

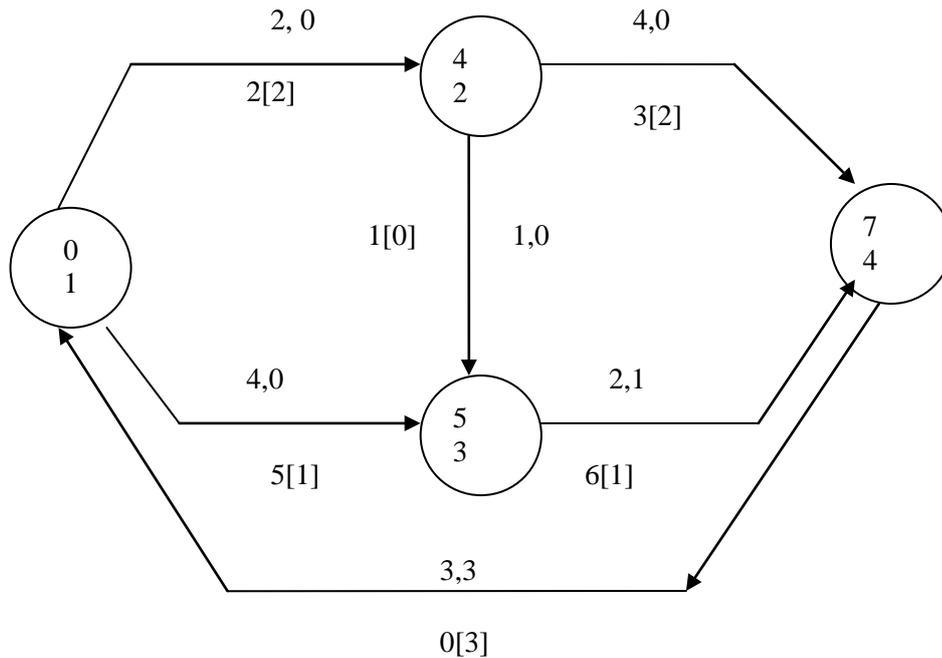


Рис. 4. Оптимальное решение

Целевая функция прямой задачи : $L(f) = 2 * 2 + 1 * 5 + 2 * 3 + 1 * 6 = 21$.

Целевая функция двойственной задачи $Z(x) = \sum_A F_{ij}\alpha_{ij} - \sum_A L_{ij}\delta_{ij} = 4 - 4 - 21 = 21$,

$$\delta_{12} = \delta_{13} = \delta_{14} = \delta_{23} = \delta_{24} = 0, \quad \delta_{34} = 4, \quad \delta_{41} = -7, \quad \alpha_{12} = 2, \quad \alpha_{13} = \alpha_{23} = \alpha_{24} = \alpha_{41} = 0,$$

$L(f) = Z(x) = 21$, решение верно, а переменные двойственной задачи определяются

$$\alpha = \max[0, \pi_j - \pi_i - C_{ij}], \quad \delta = \max[0, \pi_i - \pi_j + C_{ij}].$$

Рассмотрим производственный пример.

Деревообрабатывающий комбинат специализируется на выпуске продукции различного назначения: товаров народного потребления и столярных изделий массового применения, в том числе и дверных блоков для серийных домов. Учесть производство всех изделий в одной модели не представляется возможным, потому как процесс связан с тем, что задача может

ставиться однопродуктовая, а для решения разнопродуктовой (многопродуктовой) задачи необходимо применить этапный подход с учетом совместимости и сквозной информационной поддержки разных блоков модели.

Как указывалось, модель задачи представлена на рисунке 2, исходные данные к нему – в таблице 1. Выходные данные имеют вид $[(i, j), F_{ij}, L_{ij}, C_{ij}]$.

Материальный поток, который следует определить в таблице 1, равен $f_{ij} = 0$ в исходном варианте.

В результате расчета по программе АИД имеем результат, представленный в таблице 2. Это $[(i, j), F_{ij}, L_{ij}, C_{ij}, f_{ij}]$. Кроме неизвестных f_{ij} , на печать выдается массив узловых чисел π_i (табл. 3).

Все данные результата расчетов (табл. 2, 3) вынесены на рисунок 5, что делает его информативным и логичным. Алгоритм АИД имеет сложную структуру, но его реализация с учетом использования информационных технологий доступна.

Анализ решения. Целевая функция задачи

$$L(f) = \sum_A C_{ij} f_{ij} = 2614000 - 5745000 = -3131000.$$

Анализ оптимальной стратегии дает следующий результат. Поставщик 1 (операция 101 – 102) обеспечивает сырьем 900 шт. блоков, поставщик 2 (101 – 103) обеспечивает сырьем 1 800 шт. блоков и, таким образом, поставки древесины должны обеспечивать производство 2 700 блоков.

По поставщику 1 – 900 блоков (вход в событие 102) выходит в 104 – 550 шт., в 105 – 100 шт., в 106 – 0, 107 – 250 шт., всего $550 + 100 + 250 = 900$ шт.

По поставщику 2 – 1800 шт., из них в 104 – 0, 105 – 700 шт., 106 – 1100 шт., 107 – 0, таким образом, имеем: $0 + 700 + 1100 + 0 = 1800$ шт.

Суммарное производство модель имеет: $900 + 1800 = 2700$ шт.

Рассмотрим, как этот объем распределяется по участкам (цехам, заводам) производства.

Завод 1 – 550 шт., завод 2 – 800 шт., завод 3 – 1100 шт., завод 4 – 250 шт. Всего 2 700 шт.

Распределение продукции по пунктам спроса.

Завод 1 – 200 шт. – 112, 0 – 113, 350 шт. – 114, 0 – 115, всего 550 шт., то что посылает поставщик 1.

Завод 2 – 200 шт. – 112, 0 – 113, 0 – 114, 600 шт. – 115, всего 800 шт., то что посылает поставщик 2.

Завод 3 – 950 шт. – 112, 150 шт. – 113, 0 – 114, 0 – 115, всего 1 100 шт., что дает поставщик 3.

Завод 4 – 0 – 112, 0 – 112, 0 – 113, 250 шт. – 114, 0 – 115, всего 250 шт.

Удовлетворение спроса потребителей.

Первый потребитель – 1 350 шт., второй – 150 шт., третий – 600 шт., четвертый – 600 шт., всего 2 700 шт. Таким образом, из исходных данных, объемов поставок, транспорта, сырья, объема производства, объема перевозок продукции и ее потребления, получен вариант, соответствующий объему 2 700 изделий, что является смешанной стратегией производства, соответствующей оптимальному варианту. Как установлено, целевая функция прямой задачи

$$L(f) = \sum_A C_{ij} f_{ij} = -3131000.$$

Анализ целевой функции двойственной задачи

$$Z(x) = \sum F_{ij} \alpha_{ij} - \sum L_{ij} \delta_{ij} = L(f) = \sum C_{ij} f_{ij}.$$

Согласно теории ЛП, значения целевых функций совпадают, т. е. $Z(x) = L(f)$. Прямую задачу решить практически трудно, поскольку её необходимо привести к стандартному виду. Если использовать идею двойственности на графах и сетях, решение приобретает доступный вид и даёт экономическую, математическую, физическую и логическую интерпретацию задачи.

На основе использования программы АИД определяем $Z(x)$. Первая составляющая $\sum F_{ij} \alpha_{ij}$ определяется следующим образом. Используем результаты таблиц 2, 3.

F_{ij} – задано, эта верхняя граница (ограничение) материального потока (см. табл. 2), α_{ij} определяется следующим образом.

$$\alpha_{ij} = \max(0; \pi_j - \pi_i - C_{ij}).$$

В нашем случае α_{ij} – двойственная переменная, соответствующая F_{ij} в прямой задаче и будет иметь значения только для операций А (4–8, 5–9, 6–10, 7–11).

$$\alpha_{4-8} = \max(0; \pi_8 - \pi_4 - C_{4-8}) = \max(0; 3600 - 1780 - 800) = 1070.$$

$$\alpha_{5-9} = \max(0; \pi_9 - \pi_5 - C_{5-9}) = \max(0; 3450 - 1800 - 350) = 1300.$$

$$\alpha_{6-10} = \max(0; \pi_{10} - \pi_6 - C_{6-10}) = \max(0; 3450 - 1800 - 450) = 1200.$$

$$\alpha_{7-11} = \max(0; \pi_{11} - \pi_7 - C_{7-11}) = \max(0; 3750 - 1790 - 150) = 1810.$$

Для остальных $(i - j) \in A$ $\alpha_{ij} = 0$. Составляющая $Z(f)$ первая –

$$\sum F_{ij} \alpha_{ij} = 550 \times 1070 + 800 \times 1300 + 1100 \times 1200 + 250 \times 1810 = 3\,401\,000$$

Вторая составляющая – $\sum L_{ij} \delta_{ij}$.

δ_{ij} будет иметь значение для четырёх операций ($A_{12}, A_{13-16}, A_{14-16}, A_{15-16}$), а остальные δ_{ij} не играют роли, поскольку значения L_{ij} (нижняя граница переменной) нулевые. Определим составляющие.

$$\alpha_{1-2} = \max(0; \pi_i - \pi_j + C_{ij}) = \max(0; 1600 - 1550 + 0) = 500,$$

$$\alpha_{13-16} = \max(0; 3600 - 1600 + (-1700)) = 300,$$

$$\alpha_{14-16} = \max(0; 3900 - 1600 + (-2200)) = 100,$$

$$\alpha_{15-16} = \max(0; 3800 - 1600 + (-2000)) = 200.$$

$$\sum L_{ij} \delta_{ij} = 150 \times 300 + 600 \times 100 + 600 \times 200 + 900 \times 500 = 270\,000.$$

Целевая функция двойственной задачи $Z(x) = 3\,401\,000 - 270\,000 = 3\,131\,000$.

Как видно из расчётов, $Z(x) = L(f)$.

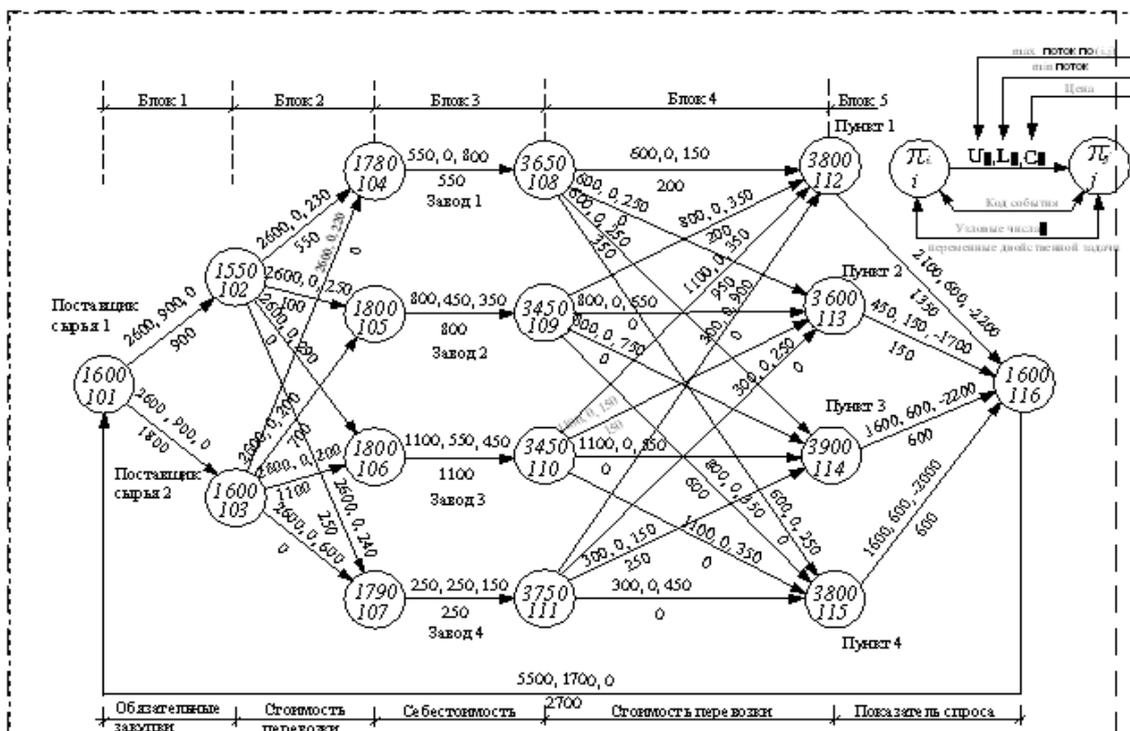


Рис. 5. Модель производства и распределения по примеру

Таблица 1

Исходные данные

№ дуги	Начальный узел	Конечный узел	Верхнее значение	Нижнее значение	Стоимость C_{ij}	Поток F_{ij}
1	2	3	4	5	6	7
1	1	2	2 600	900	0	0
2	1	3	2 600	900	0	0

Окончание таблицы 1

3	2	4	2 600	0	230	0
4	2	5	2 600	0	250	0
5	2	6	2 600	0	290	0
6	2	7	2 600	0	240	0
7	3	4	2 600	0	220	0
8	3	5	2 600	0	200	0
9	3	6	2 600	0	200	0
10	3	7	2 600	0	600	0
11	4	8	550	0	800	0
12	5	9	800	450	350	0
13	6	10	1 100	550	450	0
14	7	11	250	250	150	0
15	8	12	600	0	150	0
16	8	13	600	0	250	0
17	8	14	600	0	250	0
18	8	15	600	0	250	0
19	9	12	800	0	350	0
20	9	13	800	0	650	0
21	9	14	800	0	750	0
22	9	15	800	0	350	0
23	10	12	1 100	0	350	0
24	10	13	1 100	0	150	0
25	10	14	1 100	0	550	0
26	10	15	1 100	0	350	0
27	11	12	300	0	900	0
28	11	13	300	0	250	0
29	11	14	300	0	150	0
30	11	15	300	0	450	0
31	12	16	2 100	600	-2 200	0
32	13	16	450	150	-1 700	0
33	14	16	1 600	600	-2 200	0
34	15	16	1 600	600	-2 000	0
35	16	1	5 500	1700	0	0

Таблица 2

Результаты расчётов по программе АИД

№ дуги	Нач. узел	Конеч. узел	Верх. з.	Ниж. з.	Стоимость C_{ij}	Поток F_{ij}
1	2	3	4	5	6	7
1	1	2	2 600	900	0	900
2	1	3	2 600	900	0	1 800
3	2	4	2 600	0	230	550
4	2	5	2 600	0	250	100
5	2	6	2 600	0	290	0
6	2	7	2 600	0	240	250
7	3	4	2 600	0	220	0
8	3	5	2 600	0	200	700
9	3	6	2 600	0	200	1 100
10	3	7	2 600	0	600	0
11	4	8	550	0	800	550
12	5	9	800	450	350	800
13	6	10	1 100	550	450	1 100
14	7	11	250	250	150	250

Окончание таблицы 2

15	8	12	600	0	150	200
16	8	13	600	0	250	0
17	8	14	600	0	250	350
18	8	15	600	0	250	0
19	9	12	800	0	350	200
20	9	13	800	0	650	0
21	9	14	800	0	750	0
22	9	15	800	0	350	600
23	10	12	1 100	0	350	950
24	10	13	1 100	0	150	150
25	10	14	1 100	0	550	0
26	10	15	1 100	0	350	0
27	11	12	300	0	900	0
28	11	13	300	0	250	0
29	11	14	300	0	150	250
30	11	15	300	0	450	0
31	12	16	2 100	600	-2 200	1 350
32	13	16	450	150	-1 700	150
33	14	16	1 600	600	-2 200	600
34	15	16	1 600	600	-2 000	600
35	16	1	5 500	1 700	0	2 700

Таблица 3

Узловые числа

№ узла	Pi
1	1 600
2	1 550
3	1 600
4	1 780
5	1 800
6	1 800
7	1 790
8	3 650
9	3 450
10	3 450
11	3 750
12	3 800
13	3 600
14	3 900
15	3 800
16	1 600

Целевая функция: $-3\,131\,000$.

Выводы. Развитие производственных систем в современных условиях интеграции требует новых приемов и методов, которые бы учитывали взаимосвязи функциональных подсистем, где на стыках и в ничейных зонах находятся проблемы строительного производства.

Предложенный подход к моделированию развития и размещения производства имеет доступную форму, интегрирующую решение в комплексную модель, где просматривается единая логика, единый почерк и единый взгляд, а главное, структурная и функциональная целостность, где все части соединены, согласованы и составляют единую моделирующую систему. Увязка разнохарактерных задач интеграции осуществлена путем согласования межсистемных связей пяти блоков: сырье – транспорт – производство продукции – транспорт – потребитель.

В результате предложена модель, которая дает эффективный результат с учётом интересов всех участников сложного производственного процесса. Вектор цели имеет чёткую структуру, функциональную целостность и стойкость единства с внешней средой. Появляется основа гармоничного менеджмента, согласованность всех составных частей системы как между собой, так и с внешними функциями.

Если сложить и согласовать составляющие производственного процесса в единую гармоничную структуру, резко возрастёт иммунитет системы к дестабилизирующим факторам и вероятность негативного последствия резко снижается.

Таким образом, предложенная модель интеграции разных участников сложного производственного процесса на основе системотехники учитывает межсистемные связи и способствует достижению заданного результата.

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Алгоритмы и программы решения задач на графах и сетях / Н. И. Нечепуренко, В. К. Попков и др. – Новосибирск : Наука. Сиб. отд-ние, 1990. – 515 с.
2. Гусаков А. А. Системотехника в строительстве / Придисловие Г. С. Поспелова. – М. : Стройиздат, 1983. – 440 с.
3. Информационные модели функциональных систем / Под общ. ред. акад. Рос. акад. мед. наук, проф. К. В. Судакова и акад. Междунар. акад. наук, проф. А. А. Гусакова. – М. : Фонд «Новое тысячелетие», 2004. – 304 с.
4. Йенсен П., Барнес Д. Потокное программирование: Пер с англ. – М. : Радио и связь, 1984. – 392 с.
5. Миротин Л. Б., Ташбаев Ы. Э. Системный анализ в логистике. – М. : Экзамен, 2004. – 480 с.
6. Оре О. Теория графов, 2-е изд. – М. : Наука, 1980. – 336 с.

УДК 624.21.012.45-049.32

ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАКОНОМІРНОСТЕЙ ВПЛИВУ ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ ФАКТОРІВ НА ТРИВАЛІСТЬ ВИКОНАННЯ РЕМОНТНИХ РОБІТ НА ЗАЛІЗОБЕТОННИХ МОСТАХ

І. В. Сальнікова, асп.

*Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту
ім. академіка В. Лазаряна*

Ключові слова: математична статистика, багатофакторні моделі, організаційно-технологічні фактори

Постановка проблеми. Враховуючи специфіку транспортної галузі, одним із найголовніших параметрів при розробці та прийнятті організаційно-технологічних схем виконання ремонтних робіт слід вважати тривалість. Поточні ремонти проводяться в плановому режимі без закриття ділянок дороги, а капітальні – лише у «вікна». Тому дослідження закономірностей впливу організаційно-технологічних факторів на тривалість виконання робіт є актуальним питанням.

Аналіз праць присвячених дослідженню впливу організаційно-технологічних факторів на виконання ремонтних робіт, дозволяє зробити висновок, що сучасні методики в оцінці ефективності виконання ремонтних робіт потребують удосконалення та урахування специфіки транспортної галузі. У зв'язку з цим виникає необхідність дослідження питання впливу організаційно-технологічних факторів на виконання ремонтних робіт на залізобетонних мостах.

Метою статті є обґрунтування можливості і доцільності застосування методів статистичного аналізу при дослідженні закономірностей впливу організаційно-технологічних факторів на тривалість виконання ремонтних робіт на залізобетонних мостах, побудова парних та багатофакторних моделей для обґрунтування тривалості виконання ремонтних робіт на залізобетонних мостах. Складність завдання зумовлюється великою кількістю невизначених імовірнісних показників.

Виклад матеріалу. Виходячи з технологічної можливості сучасної будівельної фірми, визначення оптимальної тривалості виконання ремонтних робіт на об'єктах не може