

УДК 65.012.25

**Н.Ю. Егорченкова, А.В. Егорченков, Д.С. Катаев,  
О.В. Бондарчук**

*Київський національний університет будівництва і архітектури, Київ*

## **МОДЕЛЬ ПЛАНИРОВАНИЯ РЕСУРСОВ ПОРТФЕЛЕЙ ПРОЕКТОВ И ПРОГРАММ В ПРОЕКТНО-ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЙ**

*Предложена модель управления ресурсами портфелей проектов и программ на основе двудольных графов. Дано описание двудольного графа, его основные определения и метод расчета при планировании ресурсов в проектно-производственной деятельности предприятий.*

**Ключевые слова:** управление ресурсами, двудольные графы, планирование, управление портфелями проектов

### **Постановка проблемы**

Проблемы проектно-ориентированных предприятий, сочетающих проектную и операционную деятельность, связаны с увязкой планов работ по производству ресурсов для проектов с планами работ самих проектов.

Исследования показали [6], что при применении методов сетевого планирования не учитывается интеграция проектной и производственной (операционной) деятельности проектно-ориентированного предприятия, что приводит к таким недостаткам:

1. Нет различия между материальными ресурсами, которые производятся на предприятии и которые закупаются.

2. Нет автоматической увязки продуктов работ (изготовленных ресурсов) с работами, в которых они используются.

3. Акцент смещен в сторону планирования ресурсов, а не управления ими. Управление ресурсами включает в себя процессы закупок, поставок, распределения, учета и контроля ресурсов, а современные системы управления проектами либо не поддерживают такие функции, либо поддерживают частично.

4. Громоздкий план портфеля проектов.

Учитывая вышеперечисленные недостатки, предлагается новый инструментарий управления ресурсами портфелей проектов. В его основе двудольные графы, которые более полно отражают проектно-производственную деятельность предприятий.

### **МОДЕЛЬ ПЛАНИРОВАНИЯ РЕСУРСИВ ПОРТФЕЛЕВ ПРОЕКТІВ І ПРОГРАМ В ПРОЕКТНО-ВИРОБНИЧІЙ ДІЯЛЬНОСТІ ПІДПРИЄМСТВ**

*Запропоновано модель управління ресурсами портфелів проектів і програм на основі дводольних графів. Дано опис дводольного графа, його основні визначення та метод розрахунку при плануванні ресурсів в проектно-виробничій діяльності підприємств.*

### **MODEL PORTFOLIOS RESOURCE PLANNING PROJECTS AND PROGRAMMES PROJECT OPERATING COMPANIES**

*The model of resource management of portfolios of projects and programs on the basis of bipartite graphs. The description of the bipartite graph, its definitions and calculation method for planning resources to design and production activities.*

### **Анализ основных исследований и публикаций**

Одной из важнейших задач управления портфелями проектов является задача распределения ресурсов. Механизмы распределения ресурсов составляют обширный и чрезвычайно важный, с точки зрения практических приложений, класс механизмов управления. В работе [1] в рамках теоретико-игрового подхода сформулирована и решена задача распределения ресурсов между проектами, входящими в портфель проектов, предприятия.

Существуют другие модели распределения ресурсов: во-первых, это подход, основывающийся на решении задач распределения ресурсов на сетях – решении задач дискретной оптимизации, позволяющих минимизировать время выполнения проекта или упущенную выгоду в ситуации, когда продолжительность работ проекта зависят от используемых на них объемах ресурсов [2;3]. Во-вторых, это – модели с сообщением информации, в которых количество ресурса, выделяемое агентам, зависит от их заявок. При этом возникает проблема манипулирования информацией, результаты исследования которой приведены в [4;5].

### **Формулировка целей статьи**

Целью статьи является описание модели управления процессом производства ресурсов под нужные сроки на основе расчета двудольных графов.

**Основной материал исследований**

В сочетании проектной и производственной деятельности предприятий такой граф можно представить тремя группами вершин, которые образуют два непересекаемых подмножества (продуктов и ресурсов). В свою очередь ресурсы подразделяются на покупные (традиционные, не производимые на предприятии), и на изготавливаемые (рис.1).

Итак, основные компоненты двудольного

графа:

**Определение 1. Работа** – ограниченный во времени процесс получения продукта.

**Определение 2. Продукт проекта** – результат производственной деятельности в проекте.

**Определение 3. Продукт работы** – о вещественный результат выполнения работы.

Процесс изготовления продукта характеризуется: длительностью, моментами раннего начала, раннего окончания, позднего начала и позднего окончания.

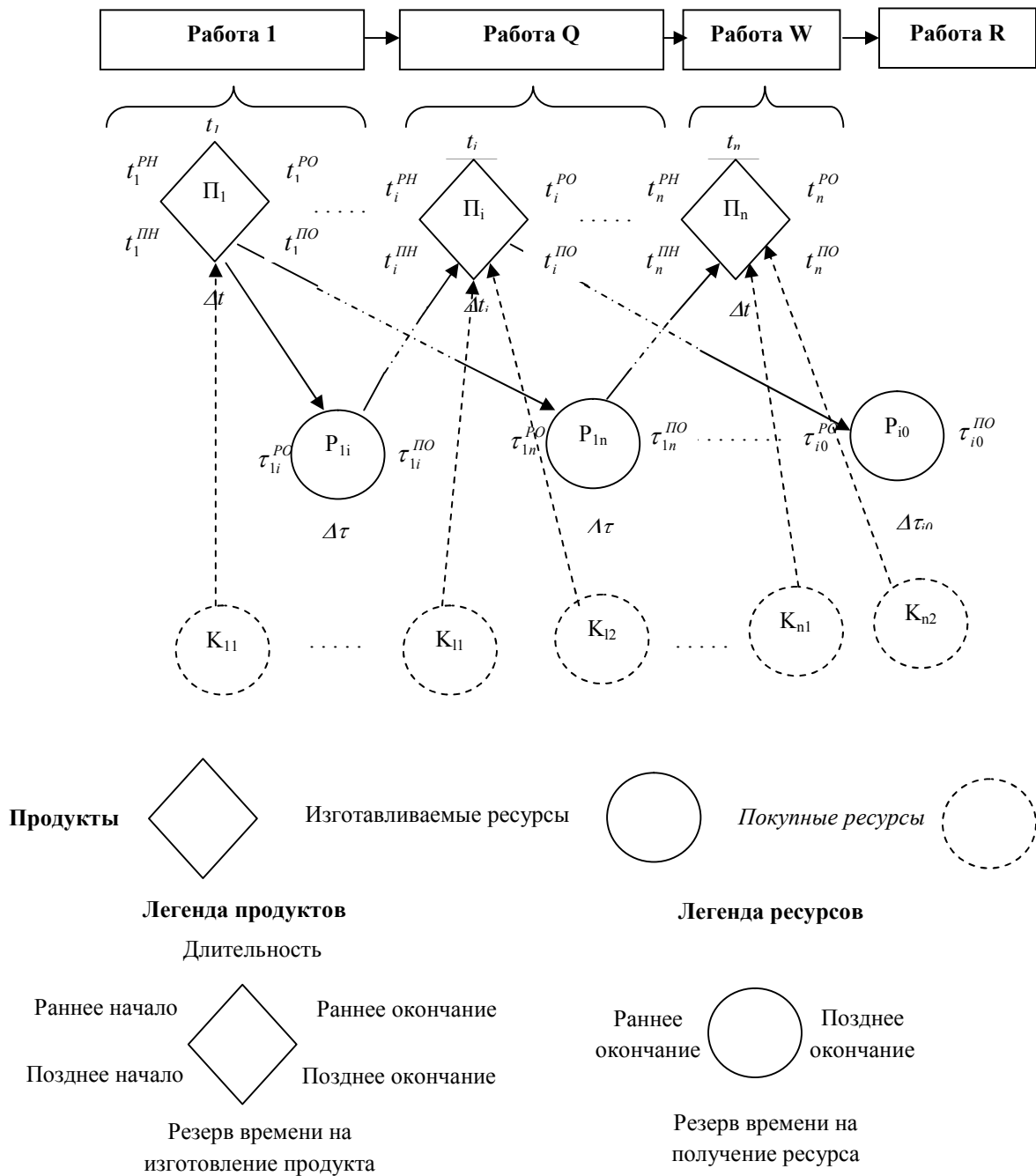


Рис.1. Продуктово-ресурсный двудольный граф планирования проектно-производственной деятельности предприятий

**Определение 4. Длительность изготовления продукта проекта** – суммарная длительность всех процессов и технологических перерывов, необходимых для изготовления продукта проекта. Равняется длительности изготовления всех продуктов работ проекта.

**Определение 5. Длительность изготовления продукта работы** – время, необходимое исполнителям на изготовление продукта работы в соответствии с технологическими процессами предприятия.

**Определение 6. Раннее начало изготовления продукта** – срок, раньше которого нельзя начать изготовление продукта, не нарушив принятой технологической последовательности.

**Определение 7. Раннее окончание изготовления продукта** – срок, раньше которого нельзя закончить изготовление продукта.

**Определение 8. Позднее начало изготовления продукта** – срок, позже которого нельзя начать изготовления продукта, не увеличив позднее начало других продуктов.

**Определение 9. Позднее окончание изготовления продукта** – самый поздний срок изготовления продукта, при котором не увеличивается позднее начало других продуктов.

**Определение 10. Резерв времени на изготовление продукта** – это наибольшее время, на которое можно задержать изготовление продукта, не увеличив позднее начало других продуктов.

**Определение 11. Ресурс** – материальное сырье необходимое для изготовления продукта проекта.

В проектах разделяют покупной и изготавливаемый ресурс:

**Определение 12. Покупной ресурс** – ресурс, полученный в результате закупок.

**Определение 13. Изготавливаемый ресурс** – ресурс, получаемый в результате производственной деятельности предприятия.

Ресурс характеризуется тремя временными параметрами: раннее окончание, позднее окончание и резерв времени на изготовление ресурса.

**Определение 14. Раннее окончание получения ресурса** – срок, раньше которого нельзя получить ресурс.

**Определение 15. Позднее окончание получения ресурса** – самый поздний срок получения ресурса, при котором не увеличивается позднее начало изготовления продукта.

**Определение 16. Резерв времени на получение ресурса** – это наибольшее время, на которое можно задержать получение ресурса, не увеличив позднее начало изготовления продукта.

Зададимся исходными данными для расчета двудольного графа. Это:

1. Длительность изготовления продуктов проекта.

2. Из каких продуктов работ «собирается» продукт проекта.

3. Какие изготавливаемые ресурсы входят в продукты работ, из которых изготавливается продукт проекта.

4. Какие изготавливаемые ресурсы входят в продукты работ, из которых изготавливаются продукты работ.

5. Какие покупные ресурсы нужны для изготовления продуктов работ и сколько они стоят (в зависимости от времени приобретения).

6. Как физически, технически, логически, организационно, технологически увязаны процессы по изготовлению продуктов работ и проекта.

Вычисляемые параметры: ранние и поздние сроки изготовления промежуточных и конечного продукта проекта.

Предлагается следующий метод расчета двудольных графов (МРДГ) проектно-производственной деятельности предприятий.

#### 1. Построение модели.

1.1. Определение структуры продуктов и разнесение их по работам.

1.2. Задание связей по типу продукт-ресурс в проекте.

1.3. Определение времени изготовления продуктов работ и проекта.

**2. Расчет ранних моментов начала и окончания действий по изготовлению продуктов проекта и работ.**

2.1. Установление момента раннего старта проекта – 1.

2.2. Установление шага расчета  $h=0$ .

2.3. Отбор продуктов, для которых не нужны изготавливаемые ресурсы (продукты работ проекта).

2.4. Если таких продуктов нет – признание противоречивости входной информации; фиксация невозможности реализации проекта при заданных условиях; переход к п.5.

2.5. Установление для таких продуктов:

$$\exists \Pi^0 \subseteq \Pi, \Pi_i \in \Pi^0 : t_i^{PH} = 1, t_i^{PO} = t_i,$$

где  $\Pi$  – множество продуктов работ и проектов;

$\Pi^0$  – подмножество продуктов работ, для которых не нужны изготавливаемые ресурсы;

$\Pi_i$  – продукт работы;

$t_i^{PH}$  – момент раннего начала работы  $\Pi_i$ ;

$t_i^{PO}$  – момент раннего окончания работы  $\Pi_i$ .

2.6. Установление для других продуктов:

$$\forall \Pi_e \notin \Pi^0 : t_e^{PH} = 0, t_e^{PO} = 0, t_e^{PH} = 0, t_e^{PO} = 0,$$

где  $\Pi_e$  – продукт работы или проекта;  
 $t_e^{PH}$  – момент раннего начала работы  $\Pi_e$ ;  
 $t_e^{PO}$  – момент раннего окончания работы  $\Pi_e$ ;  
 $t_e^{PH}$  – момент позднего начала работы  $\Pi_e$ ;  
 $t_e^{PO}$  – момент позднего окончания работы  $\Pi_e$ .

2.7. Установление для изготавливаемых ресурсов:

$$\forall P_{ij} \notin P : \tau_{ij}^{PO} = 0,$$

где  $P$  – множество ресурсов для изготовления продуктов;  
 $P_{ij}$  – ресурс продукта  $\Pi_i$ , используемый в продукте  $\Pi_j$ ;  
 $\tau_{ij}^{PO}$  – ранний момент получения ресурса  $P_{ij}$  при изготовлении продукта  $\Pi_i$ .

2.8. Переход к следующему шагу расчета  $h=h+1$ ,

где  $H$  – шаг расчета.

2.9. Установление момента получения изготавливаемых ресурсов:

$$\forall \Pi_i \in \bigcup_{d=0}^{h-1} \Pi^d, \exists P_{ij} \in P : \tau_{ij}^{PO} = t_i^{PO}.$$

2.10. Отбор продуктов, для которых нужны только покупные и уже изготовленные ресурсы

$$\Pi^h \subset \Pi, \Pi_i \in \Pi^h, \forall P_{ij} \in P : \tau_{ij}^{PO} > 0,$$

где  $\Pi^h$  – подмножество продуктов, которые можно изготовить на шаге  $h$ .

Если подмножество  $\Pi^h$  пустое, переход к п. 2.12.

2.11. Расчет для продуктов, входящих в подмножество  $\Pi^h$  ранних сроков начала и окончания действий, по изготовлению продукта проекта

$$\forall \Pi_i \in \Pi^h : t_i^{PH} = \max_{P_{ij}}(\tau_{ij}^{PO}) + 1; t_i^{PO} = \max_{P_{ij}}(\tau_{ij}^{PO}) + t_i,$$

Переход к п. 2.8.

2.12. Если не все ранние сроки продуктов работ и проекта получены – признание противоречивости входных данных и переход к п. 5.

**3. Расчет поздних моментов начала и окончания действий по изготовлению продуктов проекта и работ.**

3.1. Установление шага расчета  $h=0$ .

3.2. Установление момента позднего финиша и позднего старта действий по формированию продуктов проекта и тех продуктов работ, которые не требуют изготавливаемых ресурсов

$$\exists \Pi^0 \subseteq \Pi, \Pi_i \in \Pi^0, \neg \exists j : t_i^{PO} = \max_{\Pi_s \in \Pi} (t_s^{PO}); t_i^{PH} = \max_{\Pi_s \in \Pi} (t_s^{PO}) - t_i + 1,$$

где  $\Pi^0$  – подмножество продуктов проектов;  
 $\Pi_i$  – продукт проекта;  
 $t_i^{PH}$  – момент позднего начала работы  $\Pi_i$ ;  
 $t_i^{PO}$  – момент позднего окончания работы  $\Pi_i$ .

3.3. Установление позднего момента получения изготавливаемых ресурсов:

$$\exists P_{ij} \in P^h, P^h \subseteq P, \Pi_j \in \bigcup_{d=0}^h \Pi^d : \tau_{ij}^{PO} = t_j^{PH} - 1,$$

где  $P^h$  – подмножество ресурсов, используемых в продуктах, для которых определено время позднего начала и завершения;  
 $\Pi_j$  – продукт проекта, для которого определено время позднего начала и завершения;  
 $\tau_{ij}^{PH}$  – поздний момент получения ресурса  $P_{ij}$ ;

Если таких ресурсов нет – признание противоречивости входной информации; фиксация невозможности реализации проекта при заданных условиях; переход к п. 5.

3.4. Переход к следующему шагу расчета  $h=h+1$ .

3.5. Установление моментов времени, к которым нужны продукты работ. Эти моменты времени определяются по минимальному моменту времени потребности в изготавливаемых ресурсах

$$\exists \Pi^h \subseteq \Pi, \Pi_i \in \Pi^h, t_i^{PO} = 0 \Rightarrow \forall j \in P : t_{ij}^{PO} > 0; t_i^{PH} = \min_{\Pi_j \in P} (t_{ij}^{PO}); t_i^{PH} = \min_{\Pi_j \in P} (t_{ij}^{PO}) - t_i + 1,$$

где  $\Pi^h$  – подмножество продуктов проектов, для которых можно установить позднее начало и позднее окончание на шаге  $h$ .

Если не для всех продуктов определены моменты позднего начала и окончания, переход к п. 3.3.

**4. Расчет резерва времени.**

4.1. Расчет резерва времени для продуктов

$$\forall \Pi_i \in \Pi^h : \Delta t_i = t_i^{PO} - t_i^{PH} = t_i^{PH} - t_i^{PH},$$

где  $\Delta t_i$  – резерв времени на изготовление продукта.

4.2. Расчет резерва времени для продуктов и ресурсов

$$\forall P_{ij} \in P : \Delta \tau_{ij} = \tau_{ij}^{PO} - \tau_{ij}^{PO},$$

где  $\Delta \tau_{ij}$  – резерв времени на получение ресурса.

**5.Анализ результатов.**

Сведем исходные данные и результаты вычисления с применением приведенного метода в таблицу.

Таблица

**Таблица иллюстрации метода расчета двудольных графов (МРДГ) проектно-производственной деятельности предприятий**

Продукты/Ресурсы				$P_l$				$P_j$				$P_m$			
$P_l$	$t_l$	$t_l^{PH}$	$t_l^{PO}$	$V_{ll}$	$\tau_{ll}^{PO}$	...	...	$V_{lj}$	$\tau_{lj}^{PO}$	...	...	$V_{lm}$	$\tau_{lm}^{PO}$		
	$\Delta t_l$	$t_l^{PH}$	$t_l^{PO}$	$\Delta \tau_{ll}$	$\tau_{ll}^{PO}$	...	...	$\Delta \tau_{lj}$	$\tau_{lj}^{PO}$	...	...	$\Delta \tau_{lm}$	$\tau_{lm}^{PO}$		
.....															
Продукты/Ресурсы				$P_l$				$P_j$				$P_m$			
$P_i$	$t_i$	$t_i^{PH}$	$t_i^{PO}$	$V_{il}$	$\tau_{il}^{PO}$	...	...	$V_{ij}$	$\tau_{ij}^{PO}$	...	...	$V_{im}$	$\tau_{im}^{PO}$		
	$\Delta t_i$	$t_i^{PH}$	$t_i^{PO}$	$\Delta \tau_{il}$	$\tau_{il}^{PO}$	...	...	$\Delta \tau_{ij}$	$\tau_{ij}^{PO}$	...	...	$\Delta \tau_{im}$	$\tau_{im}^{PO}$		
.....															
Продукты/Ресурсы				$P_l$				$P_j$				$P_m$			
$P_n$	$t_n$	$t_n^{PH}$	$t_n^{PO}$	$V_{nl}$	$\tau_{nl}^{PO}$	...	...	$V_{nj}$	$\tau_{nj}^{PO}$	...	...	$V_{nm}$	$\tau_{nm}^{PO}$		
	$\Delta t_n$	$t_n^{PH}$	$t_n^{PO}$	$\Delta \tau_{nl}$	$\tau_{nl}^{PO}$	...	...	$\Delta \tau_{nj}$	$\tau_{nj}^{PO}$	...	...	$\Delta \tau_{nm}$	$\tau_{nm}^{PO}$		

**Выводы и перспективы дальнейших исследований**

Полученные на основе расчета двудольного графа сроки изготовления продуктов и получения ресурсов характеризуются некоторой свободой в рамках резерва времени. Отсюда возникает возможность интеграции производства продуктов в разрезе всего портфеля проектов, а не рассмотрения ее по отдельным проектам. Такое управление ресурсами портфелей проектов может базироваться на том, что изготавливаемые продукты не привязываются к конкретным проектам.

При использовании данного метода видно, как можно объединять разрозненные во времени процессы изготовления одноименных продуктов. Даже если они направлены на обеспечение различных элементов продуктов проектов, или даже разных проектов. Это надо для того, чтобы не перенастраивать оборудование на выпуск той или иной продукции. И изготавливать не то количество, которое надо в элементе продукта проекта, или в проекте, а то, которое рационально для всего портфеля проектов.

Представление процесса движения ресурсов и продуктов по проекту в виде двудольных графов имеет ряд преимуществ:

- значительно уменьшается количество работ при составлении плана;
- исчезает проблема с дублированием ресурсов;

- позволяет в момент расчета двудольного графа управлять процессом производства ресурсов;

- определять резерв времени не только на выполнение работ, но и на поставку и изготовление ресурсов.

**Список литературы**

1. Матвеев А.А., Новиков Д.А., Цветков А.В. *Модели и методы портфелями проектов:* – М.: ПМСОФТ, 2005. - 206с.
2. Баркалов П.С., Буркова И.В., Глаголев А.В., Колпачев В.Н. *Задачи распределения ресурсов в управлении проектами.* – М.: ИПУРАН, 2002. – 65 с.
3. Баркалов С.А., Бурков В.Н. *Минимизация упущенной выгоды в задачах управления проектами.* – М.: ИПУ РАН, 2001. – 56 с.
4. Бурков В.Н., Новиков Д.А. *Как управлять организациями.* – М.: Синтег, 2004. – 400 с.
5. Новиков Д.А. *Теория управления организационными системами.* – М.: ИПУ РАН, 2005. – 472 с.
6. Тесля Ю.Н. *Продуктовые системы планирования проектов.* //Ю.Н. Тесля., Н.Ю. Егорченкова, А.В. Егорченков , Д.С.Катаев //Управління проектами та розвиток виробництва: зб.наук.праць. – Луганськ, 2012.- №1(14). – С.13-19.

Статья поступила в редколлегию 20.05.2012

**Рецензент:** д-р техн. наук, проф. С.В. Цюцора, Киевский национальный университет строительства и архитектуры, Киев.