

2. Миротин, Л.Б. Логистика, технология, проектирование складов, транспортных узлов и терминалов [Текст] / Л.Б. Миротин, А.В. Бульба, В.А. Демин. – Ростов-на-Дону: Феникс, 2009. – 408 с.
3. Резго, Г.Я. Транспортное обеспечение коммерческой деятельности [Текст] / Г.Я. Резго. – М.: Финансы и статистика, 2005. – 128 с.
4. Харрингтон, Д. Оптимизация бизнес процессов [Текст] / Д. Харрингтон, К.С. Эсселинг, Х.В. Нимвеген. – СПб.: Азбука, 2002. – 328 с.
5. Троицкая, Н.А. Транспортно-технологические схемы перевозок отдельных видов грузов [Текст] / Н.А. Троицкая, М.В. Шилимов. – М.: КноРус, 2010. – 232 с.
6. Некрасов, А.Г. Управление ценами поставок в транспортном комплексе [Текст] / А.Г. Некрасов, Л.Б. Миротин, Е.В. Меланич, М.А. Некрасова. – М.: Горячая Линия – Телеком, 2012. – 262 с.
7. Доенин, В.В. Динамическая логистика транспортных процессов [Текст] / В.В. Доенин. – М.: Компания Спутник плюс, 2010. – 248 с.

### Abstract

*For any distributor an important element of effective work is the minimization of the total cost for the delivery of goods to wholesale and retail stores. However, a large number of criteria, restrictions and lack of information leads to the fact that the existing mathematical models of choice of vehicles and routes for the delivery of goods from the distributor to wholesale and retail stores do not permit to make effective management decisions quickly and with the required accuracy. In the article the mathematical model of choice of vehicles and routes for the delivery of goods from the distributor to wholesale and retail stores was developed. It was shown that this model has permitted to select economically profitable vehicles for commercial organization with the general costs for the delivery of goods. It was proved that the application of this mathematical model creates the conditions for taking the effective management decision that will help reduce the total costs of commercial organization. In our case, the total costs for the delivery of goods from the distributor to wholesale and retail stores to all regions decreased by 48%*

**Keywords:** *mathematical model, uncertainty, multicriteria estimation multi-item goods, supplies, management decision*

*У результаті аналізу була виявлена необхідність більш деталізованого календарного планування проектів створення виробів складної техніки. Був сформульований список задач, вирішення котрих необхідне для побудування деталізованого плану проекту. Був розроблений метод формування єдиного плану проекту з урахуванням змінної структури. Були запропоновані практичні аспекти використання даного метода при аналізі проектів*

*Ключові слова: проект, змінна структура, календарний план, складна техніка*

*В результате анализа выявлена необходимость более детального календарного планирования проектов создания изделий сложной техники. Сформулирован список задач, решение которых необходимо для построения детализованного плана проекта. Разработан метод формирования единого плана проекта с учетом изменяющейся структуры. Предложены практические аспекты использования данного метода при анализе проектов*

*Ключевые слова: проект, изменяющаяся структура, календарный план, сложная техника*

УДК 62:658.5

# МЕТОД ФОРМИРОВАНИЯ ПЛАН ПРОЕКТА С ИЗМЕНЯЮЩЕЙСЯ СТРУКТУРОЙ ПРИ СОЗДАНИИ СЛОЖНОЙ ТЕХНИКИ

С. А. Коба

Аспирант

Кафедра информационных технологий  
проектирования ЛАХарьковский национальный аэрокосмический  
университет им. Н.Е. Жуковского

«Харьковский авиационный институт»

ул. Чкалова, 17, г. Харьков, Украина, 61070

Контактный тел.: 050-633-38-50

E-mail: desgnkiss@gmail.com

## 1. Введение

Задача прогнозирования будущих сроков и стоимости выпуска продукции стоит перед менеджерами

всех видов производства с незапамятных времен. Особо остро проблема анализа технико-экономических показателей проектов проявляется при выпуске изделий сложной наукоемкой техники (ИСНТ) (авиация,

судостроение и др.). Эти изделия характеризуются большим количеством составных элементов с глубокой иерархией и при их разработке и производстве задействовано огромное количество различных видов ресурсов, также процесс выпуска зачастую многовариантен и итерационен. Если дополнительно принять во внимание возможность возникновения различных факторов риска при выпуске такого рода изделий, то очевидным становится, что невозможно вручную составить план такого проекта, а тем более проанализировать различные варианты его выполнения.

Существует точка зрения, что наиболее высокая точность выполнения прогнозирования таких проектов может быть достигнута путем повышения детализации календарного плана проекта [1]. Недостаточная степень детализации является одной из причин дальнейшего невыполнения производственного графика. Таким образом, возникает противоречие между необходимостью детализации прогнозирования и отсутствием методических и инструментальных средств формирования детализированного календарного плана проектов создания ИСНТ. Данная статья посвящена анализу данной проблемы и разработке метода формирования плана проекта.

## 2. Анализ литературных данных и постановка проблемы

Целью данного этапа исследования является создание метода формирования плана проекта разработки и производства ИСНТ. Согласно работам Норенкова И.П., Кривомазова Д.В., Шалаева П.А и Петрова П. [2-4] процесс проектирования ИСНТ имеет иерархическую структуру, отражающую структуру проектируемой технической системы. Структуру ИСНТ принято представлять в виде декомпозиции узла верхнего уровня на набор входящих в его состав сборок и деталей. Структура производственного цикла сложного процесса определяется составом операций и связями между ними. Состав операций зависит от номенклатуры деталей, сборочных единиц и технологических процессов изготовления и сборки. Взаимная связь операций и процессов обуславливается схемой сборки изделия и производственными условиями. На их основе производственный цикл сложного процесса может быть изображен в виде ленточного (циклового) или сетевого графиков.

Из работ Д. Локка [5] можно также сделать вывод, что дробление работ должно быть выполнено и проанализировано систематическим способом, так, чтобы имелся логический иерархический образец дробления, называемый структура дробления работ (WBS – Work breakdown structure).

Большинство современных научно-исследовательских и опытно-конструкторских проектов характеризуется наличием нескольких вариантов последовательности выполнения работ и случайным характером времени работ. В связи с этим возник новый класс задач планирования – планирование случайных процессов при проектировании наукоемких объектов. Принципиальная новизна этих задач требует их отдельного и детального исследования, что подтверждается работами Голенко-Гинзбурга Д. И. и Приходько

С. Б. [6, 7]. Первые шаги для решения этих задач уже были предприняты Саданом Р.Н. [8] в области строительно-монтажных работ. Автором были выделены типовые блоки задач для формирования общего плана проекта.

## 3. Цель и задачи исследования

Необходимо разработать метод формирования общего плана проекта, решающий следующие задачи:

1. Объединение типовых этапов жизненного цикла изделия (ЖЦИ) в единый план.
2. Построение единого плана с учетом сквозного-параллельного цикла организации работ.
3. Эффективная генерация вариантов плана проекта.

## 4. Понятия и операции

Для решения поставленных задач были рассмотрены различные модели представления формируемого проекта, а именно: матричная, табличная, иерархичная и объектная.

Был сделан вывод, что для формирования планов проектов с изменяющейся структурой наиболее подходит матричная модель. Благодаря богатому математическому аппарату работы с матрицами, эта модель обеспечивает возможность выполнения быстрых преобразований структуры проекта на базе различных условий.

При анализе и постановке задачи было выявлено, что взаимосвязь операций внутри типовых этапов ЖЦИ имеет структуру, отражающую структуру изготавливаемого изделия. Это означает, что если представить структуру изделия (рис. 1) матрицей (рис. 2), где единица значит, что элемент изделия по вертикали входит в состав элемента изделия по горизонтали, то матричные представления типовых этапов ЖЦИ могут быть получены путем преобразования матрицы структуры изделия.

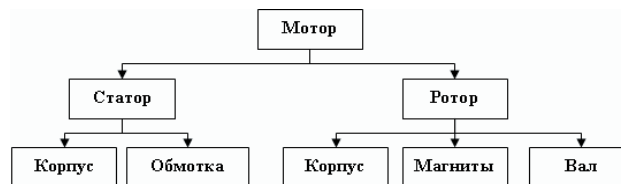


Рис. 1. Пример структуры изделия

0	1	1	0	0	0	0	0
0	0	0	1	1	0	0	0
0	0	0	0	0	1	1	1
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0

Рис. 2. Структура изделия в матричном виде

Введем перечень операций по преобразованию матриц, необходимый для получения структуры типо-

вых этапов и их дальнейшей связи друг с другом. В качестве базового аппарата преобразования матриц был выбран математический аппарат Сигорского В. П. [9]. Он был расширен следующими операциями: поворот матрицы (по часовой и против часовой стрелки), отражение матрицы (вертикальное и горизонтальное). Таким образом, при построении единой сети процессов будут использованы следующие операции преобразования матриц:

4. Прямая сумма матриц -  $\otimes$  ;
5. Поворот матрицы (по часовой -  $rot(M)$  , против часовой -  $urot(M)$ ) ;
6. Отражение матрицы (по горизонтали -  $href(M)$  , по вертикали -  $vref(M)$ ) ;
7. Вставка вектора (горизонтальный вектор -  $insHvector(x,y,w)$  ) ;
8. Вставка диагональной матрицы ( $insMainDmatrix(m,x,y,w,h)$ ).

Используя данный набор операций, представим некоторые типовые этапы ЖЦИ в виде преобразований матрицы структуры изделия. Допустим  $S$  - матрица структуры изделия, а  $\theta$  - нулевая матрица, тогда типовые этапы ЖЦИ можно будет представить согласно табл. 1.

Таблица 1

Типовые этапы ЖЦИ

Название этапа	Формульное представление	Графическое представление
Конструкторская подготовка производства	$S \otimes urot(href(S))$	
Технологическая подготовка производства	$\theta$	
Производство и сборка	$urot(href(S))$	

Для взаимосвязи этапов между собой необходимо ввести понятие логической и управляющей матрицы.

**Определение 1.** Логической называется квадратная матрица размером  $N \cdot k \times N \cdot k$ , где  $N$  - количество элементов изделия (узлы, сборки), а  $k$  - количество этапов ЖЦИ, в правом верхнем углу которой расположена диагональная матрица размером  $N \cdot (k - 1) \times N \cdot (k - 1)$  (рис. 3).

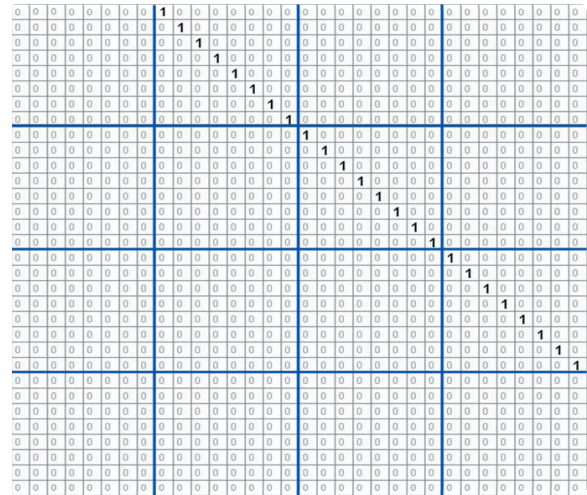


Рис. 3. Логическая матрица

Логическая матрица предназначена для связи операций, относящихся к одному и тому же элементу изделия, между этапами. Иными словами, операция над элементом изделия на данном этапе может быть начата только после завершения операции на предыдущем этапе.

**Определение 2.** Управляющая матрица (рис. 4) формируется путем прямой суммы матриц типовых этапов и вставки управляющих векторов или элементов матрицы. Она служит для обеспечения взаимосвязи между операциями внутри этапа, а также для организации последовательности выполнения операций между этапами.

Например, с её помощью достигается выполнения следующего условия: «Работы по технологической подготовке производства могут быть начаты, только после завершения работы по рабочему проектированию для самого верхнего узла изделия» или «работы по сборке узла могут быть начаты только после окончания производства деталей, входящих в его состав».

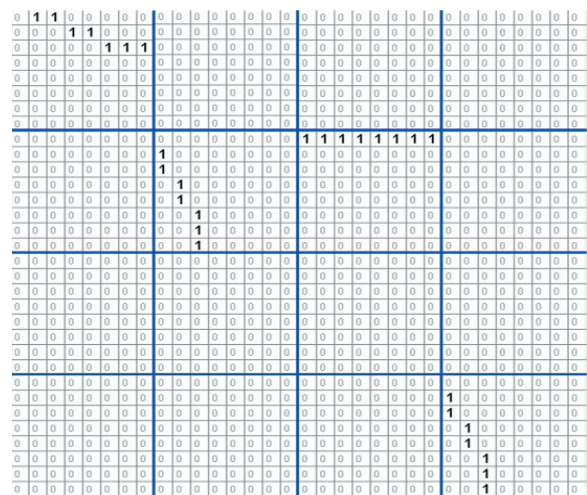


Рис. 4. Управляющая матрица

Введя все необходимые определения и операции можно сформулировать метод формирования общего плана проекта.

## 5. Метод формирования обобщенного плана проекта

*Шаг 1.* Представить структуру изделия в виде квадратной матрицы, где единица значит, что элемент изделия по вертикали входит в состав элемента изделия по горизонтали.

*Шаг 2.* Представить типовые этапы ЖЦИ в виде матриц согласно табл. 1.

*Шаг 3.* Сформировать логическую матрицу согласно определению 1.

*Шаг 4.* Сформировать управляющую матрицу согласно определению 2.

*Шаг 5.* Объединить логическую и управляющую матрицы таким образом, чтобы при наложении друг на друга, если в одном и том же столбце логической и управляющей матрицы есть хотя бы одна единица, то столбец логической матрицы обнуляется.

Результирующая матрица и будет являться обобщенной матрицей плана проекта.

разработать простой, удобный и быстрый способ формирования плана проекта. Таким образом, решение поставленной задачи является фундаментом для дальнейшего моделирования и анализа проектов с изменяющейся структурой.

Результатом исследования является разработка метода формирования обобщенного плана проекта, который позволяет быстро и эффективно составить план проекта из набора типовых процессов и этапов ЖЦИ. Используя данный метод, можно комбинировать и объединять процессы проекта по различным условиям и критериям, быстро получая и анализируя готовый план.

В частности, одной из возможностей использования данного метода является анализ влияния на проект цикла организации работ. При выборе сквозного-параллельного цикла – достаточно внести изменения в управляющую матрицу и «отменить» для определенных элементов изделия ожидание «управляющего сигнала» (конца другой работы).

Обобщенная матрица является удобной формой представления плана проекта в том плане, что она легко транслируется в любой формат. А что наиболее актуально - в форматы существующих пакетов планирования, в которых проходит дальнейший анализ технико-экономических показателей проекта.

## 6. Выводы

Исследования и разработки данной статьи охватывают часть процессов планирования связанных с риск-ориентированным подходом. Их задачей было

## Литература

1. Рыбников, А. И. Система управления предприятием типа ERP [Текст] / А. И. Рыбников - М. : Аэроконсалт, 1999. — 214 с.
2. Норенков, И. П. Разработка САПР [Текст] / И. П. Норенков - М. : МГТУ им. Н. Э. Баумана, 1994. - 208 с.
3. Кривомазов, Д. В. Стандартизация в области систем автоматизированного проектирования изделий и технологических процессов в машиностроении [Текст] / Д.В. Кривомазов, П.А. Шалаев - М. : Изд-во стандартов, 1987. - 151 с.
4. Петров, П. Будущее САД систем [Текст] / П. Петров // CADmaster - 2011. - №6. - С. 14-25.
5. Локк, Д. Основы управления проектами [Текст] / Д. Локк - Пер. с англ. М. : «НИРРО», 2004. - 253 с.
6. Голенко-Гинзбург, Д. И. Стохастические сетевые модели планирования и управления разработками [Текст.] / Д. И. Голенко-Гинзбург - Воронеж: «Научная книга», 2010. - 284 с.
7. Приходько, С. Б. Модели и методы управления временем в проектах разработки конструкторской документации судна [Текст] / С. Б. Приходько, О. А. Кудин // Вестник Национального университета кораблестроения.- 2011. - №1. - С. 76-82.
8. Садан, Р. Н. Совершенствование методов календарного планирования строительно-монтажных работ на уровне простых технологических процессов [Текст] : дис. на соискание уч. степени канд. техн. наук / Р. Н. Садан. - Спб., 2011. - 139 с.
9. Сигорский, В. П. Математический аппарат инженера [Текст] / В. П. Сигорский - К. : «Техніка», 1975. - 768 с.

### Abstract

*Despite the huge amount of existing product development and production planning systems (ERP, APS), these systems still need mechanisms for detailed project schedule forming. The new method of general project plan forming for complex engineering products creation was developed based on operations of matrixes transformations. This method allows forming a united project plan by combining the typical stages of product life cycle. Also it takes into account different types of work organization. This approach to project plan generation can be used in project variants modeling to analyze technical and economic indicators of the project using different sequences of project stages. The results of modeling can be easily exported to the existing planning systems for further analyses. The tasks of current article are the part of risk oriented system use case. Further development of basic plan and risk factors effects integration methods allows analyzing the influence of risk factors on technical and economic project indicators*

**Keywords:** production planning, project matrix, project structure