

УДК 658.051.012

М.С. Мазорчук

*Національний аерокосмічний університет ім. Н.Е. Жуковського «ХАІ», Харків*

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ЗАПАСАМИ ОБЕСПЕЧИВАЮЩИХ РЕСУРСОВ В ПРОЦЕССЕ РЕАЛИЗАЦИИ ПРОЕКТОВ СОЗДАНИЯ НОВОЙ ТЕХНИКИ

*Предлагается методика определения системы управления запасами ресурсов в процессе выполнения проектов создания новых технических систем. Рассмотрены основные особенности управления ресурсами проектов, проанализированы методы и системы управления запасами ресурсов, предложен системный сценарий управления ресурсами проектов создания новой техники, разработаны алгоритмические модели выбора, рациональных с точки зрения затрат и времени, систем управления запасами*

*проекты создания новой техники, системы управления запасами, обеспечивающие ресурсы, затраты на ресурсы, метод ABC*

### Введение

Управления ресурсами проектов создания новой техники (ПСНТ) является одной из важных задач процесса управления проектами, поскольку отсутствие ресурсов в нужный момент может привести к большим убыткам, связанным с простоями, штрафами, завершением проекта в более поздние сроки по сравнению с запланированными. Особенно это актуально для авиационной промышленности, поскольку большинство авиационной техники выполняется под заказ и в процессе управления научно-исследовательской и производственной деятельностью на крупных предприятиях широко применяется проектный подход.

Управление обеспечивающими ресурсами ПСНТ имеет свои особенности, поскольку такие проекты обладают высоким уровнем новизны и неопределенности, требуют больших затрат, связанных с необходимостью повторения ряда работ для достижения необходимого уровня качества. Поэтому, применение существующих систем управления запасами только на основе анализа и классификации ресурсов по известному методу ABC [1,2] может не дать желаемых результатов, поскольку не учитывается ряд параметров, связанных непосредственно с процессом реализации проекта. Таким образом, является актуальной разработка моделей и методов управления запасами обеспечивающих ресурсов ПСНТ с целью минимизации затрат и времени при выполнении проектов.

В данной статье предлагается системный сценарий управления ресурсами ПСНТ и предложены алгоритмические модели выбора системы управления запасами, исходя из вида обеспечивающих ре-

сурсов и затрат на их содержание, а также временных и стоимостных параметров проекта. Целью данной работы является разработка методики выбора системы управления запасами, наиболее соответствующей целям ПСНТ.

### 1. Анализ существующих систем и методов управления запасами ресурсов

Методы управления запасами являются наиболее используемыми методами управления ресурсным обеспечением, как производства, так и проектами. Основная цель теории управления запасами – это обеспечение бесперебойного производства и поставки продукции в нужном количестве и в установленные сроки и достижение на основе этого полной реализации выпуска при минимальных расходах на содержание запасов, нахождение оптимального соотношения между издержками и выгодами [1 – 3]. Особый интерес при управлении ПСНТ представляет страховой запас, который представляет собой резервную, постоянную, неприкосновенную в нормальных условиях часть запасов, предназначенную для непрерывного снабжения проекта в случае непредвиденных обстоятельств (реализации рисков).

Содержание страховых запасов является наиболее затратной статьей расходов при управлении запасами. Поэтому определение оптимальной величины уровня и времени заказа для страховых запасов ресурсов является наиболее важной задачей.

Система управления запасами ПСНТ должна решать следующие основные задачи:

- контроль и учет уровня запасов;

- определение размера резервного запаса для каждого ресурса, зависящего от необходимости непрерывного обеспечения работ проекта;
- расчет оптимального размера заказа ресурса;
- определение интервала времени между заказами.

Контроль уровня запасов ведется по всем группам ресурсов и состоит в учете наличия ресурсов и отслеживания момента, когда следует осуществить заказ очередной партии ресурсов.

Одним из наиболее известных методов контроля уровня запасов является метод ABC - анализа – способ учета и контроля за состоянием запасов, заключающийся в разбиении номенклатуры ресурсов на три подмножества А, В и С [1, 2]. Метод ABC контроля товарно-материальных запасов базируется на разделении запасов сырья и материалов на 3 категории по степени важности отдельных видов ресурсов в зависимости от их удельной стоимости: категория А – наиболее ценные виды ресурсов (обязателен расчет оптимального размера заказа); В – товарно-материальные запасы, которые в меньшей степени важны для проекта и которые оцениваются и проверяются при ежемесячной инвентаризации; С – широкий ассортимент оставшихся малоценных видов ресурсов, закупаемых обычно в большом количестве.

В зависимости от категории ресурса применяются различные методы оптимизации размера заказа. Наиболее распространенным инструментом в управлении запасами, направленным на минимизацию суммарных затрат, традиционно признается модель оптимального размера заказа (EOQ) или модель Уилсона [3, 4].

Оперативные решения, касающиеся момента размещения и размера заказа, реализуются с помощью выбранной контрольной системы. Классификация систем контроля за состоянием запасов производится в зависимости от выбора и регулируемых значений таких параметров как: размер заказа Q и точка заказа R (табл. 1).

Таблица 1  
Основные виды систем управления запасами

Точка заказа	Размер заказа	
	Фиксированный (Q)	Переменный (q)
Переменная (R)	Q, R	q, R
Фиксированная (T)	Q, T	q, T

Наиболее часто применяемы на практике системы – это Q-модель (модель экономического размера заказа) и R-модель (модель периодического контроля). Модель с фиксированным объемом заказа имеет меньший запас, поскольку он пополняется по потребности, а модель с фиксированным периодом наоборот, имеет больший запас, чтобы его хватило до следующего момента времени контроля. Q-модель используется для управления запасами дорогостоящими материалами с целью снижения издержек, а также данная модель предусматривает жесткий контроль за запасами. Однако, эта система кон-

троля является более трудоемкой, так как существует необходимость постоянного контроля запасами.

Широкое распространение управления запасами ресурсов ПСНТ получила однопериодная (или статическая) модель управления, которая используется тогда, когда после окончания проекта страховой запас повторно не может быть использован. Он либо пропадает, т.е. исполнитель проекта несет убытки по ликвидации ресурса, либо может быть продан за меньшую стоимость. Подробно применение этой модели описано в [3].

Также следует отметить, что все системы управления запасами делятся на две группы: системы управления при независимом спросе и системы управления при зависимом спросе на производимую продукцию. Независимый спрос – это когда речь идет о потребности в каких-либо изделиях, независящих один от другого. Зависимый спрос возникает тогда, когда потребность в каком-то одном изделии выступает непосредственным следствием потребности в другом изделии. Описанные выше системы контроля используются при независимой потребности товарно-материальных ресурсов. При зависимом спросе применяются такие системы как JT и MRP [2, 5 – 7].

Основные формулы для расчета размера заказа Q и точки заказа R можно найти в [2 – 4].

## 2. Системный сценарий управления обеспечивающими ресурсами ПСНТ

На основе анализа процесса реализации и управления проектом, а также анализа систем управления запасами обеспечивающих ресурсов предлагается следующий системный сценарий управления ресурсами ПСНТ.

1. На основе информации о плане выполнения ПСНТ и множества требуемых ресурсов выполняется закрепление ресурсов за работами проекта. С использованием эвристических сетевых методов поиска оптимального распределения ресурсов необходимо произвести выравнивание графиков загрузки ресурсов с целью минимизации на данном этапе затрат на содержание ресурсов, а также избежания узких мест в процессе реализации проекта.

2. Определяются потребности основных и страховых ресурсов для выполнения проекта. Для этого используются методы моделирования, с целью получения наиболее точных оценок.

3. Определяются вероятности отказа работы ресурсов, а также интенсивность отказа, исходя из результатов работы системы анализа и учета множества рисков по проекту.

4. Определяются затраты на выполнение заказов (приведение ресурсов в работоспособное состояние), хранение и ликвидацию ресурсов, а также величина штрафных затрат, в случае простоя.

5. Определяется система управления запасами ресурсов проекта, как для основных видов ресурсов, так и страховых. Для этого используются предлагаемая далее методика выбора системы управления

запасами. Выбор осуществляется на основе основных параметров проекта, а также информации о величине затрат по содержанию и хранению ресурсов.

6. Определяется состояние хранения ресурсов на основе анализа затрат.

7. Рассчитываются основные параметры управления ресурсами проекта: объемы основных и страховых ресурсов, точка заказа, затраты на содержание запасов страховых ресурсов по проекту в целом.

На рис. 1 приведена укрупненная структурная схема предлагаемого сценария.

### 3. Алгоритмическая модель выбора системы управления запасами проекта

Как уже отмечалось ранее, все ресурсы можно разделить на группы на основе метода ABC, суть которого состоит в том, что вся номенклатура материальных ресурсов и готовой продукции располагается в порядке убывания суммарной стоимости всех позиций номенклатуры одного наименования на складе, и список составляется в порядке убывания этих величин (произведений). Однако, для классификации ресурсов проекта, заложим в определение групп ресурсов несколько другой смысл.

Пусть в категорию А входят ценные ресурсы, находящиеся на критическом пути проекта, или же ресурсы, срок доставки которых превышает запас времени на проведение работ. К ресурсам типа В отнесем материальные запасы, которые в меньшей степени важны для проекта. Для них приемлемы те же методики, что и для группы А. В категорию С включим наиболее потребляемые и малоценные ресурсы, объемы которых будем определять на осно-

вании временных моделей.

Пусть для работ проекта  $w_i$  ( $w_i \in W$  – множество работ проекта,  $i = \overline{1..I}$ ) известны время резерва  $t_i^{рез}$  и время выполнения заказа (время приведения ресурса в работоспособной состояние)  $t_i^{прив}$ . Обозначим множество работы, находящиеся на критическом пути, как  $C = \{c_i\}$ , а не на критическом как  $N = \{n_i\}$ . Множество ресурсов, закрепленных за каждой работой обозначим через  $R_i = \{r_{ij}\}$ , где  $j \in J$  – список всех доступных для проекта ресурсов. Множество ресурсов, которые принадлежат группе А обозначим как  $R^A_i = \{r_{ij}^A\}$ , группе В –  $R^B_i = \{r_{ij}^B\}$ , группе С –  $R^C_i = \{r_{ij}^C\}$ .

Определив затраты на приведение ресурса в работоспособное состояние  $Z_j^{прив}$ , затраты на хранение  $Z_j^{хр}$  и ликвидационную стоимость ресурсов  $Z_j^{лик}$ , производим анализ и выбор системы управления запасами по следующей методике:

1. Если работа находится на некритическом пути, и время резерва больше или равно времени на приведение ресурса в работоспособное состояние, и ресурсы относятся к группам А или В, а затраты на хранения превышают затраты на выполнение заказа, то затраты на проект увеличатся на величину затрат приведения ресурса в работоспособное состояние и для определения уровня страхового запаса используем Q-модель. Для группы С при тех же начальных условиях используем Р-модель:



Рис. 1. Структура системного сценария управления обеспечивающими ресурсами ПСНТ

$$\begin{aligned} & \text{if } w_i \in N \wedge t_i^{\text{pec}} \geq t_i^{\text{прив}} \wedge r_{ij} \in \{R_i^A \vee R_i^B\} \wedge \\ & \wedge Z_j^{\text{xp}} > Z_j^{\text{прив}} \Rightarrow Z^{\text{np}} := Z_0^{\text{np}} + Z_j^{\text{прив}} \rightarrow Q\text{-модель;} \\ & \text{if } w_i \in N \wedge t_i^{\text{pec}} \geq t_i^{\text{прив}} \wedge r_{ij} \in \{R_i^C\} \wedge \\ & \wedge Z_j^{\text{xp}} > Z_j^{\text{прив}} \Rightarrow Z^{\text{np}} := Z_0^{\text{np}} + Z_j^{\text{прив}} \rightarrow P\text{-модель,} \end{aligned}$$

где  $Z^{\text{np}}$  – затраты на реализацию проекта с учетом затрат на управление запасами;  $Z_0^{\text{np}}$  – первоначальные затраты на проект.

2. Если работа находится на некритическом пути, и время резерва меньше времени на приведение ресурса в работоспособное состояние, и ресурсы относятся к группам А или В, а затраты на хранения превышают затраты на выполнение заказа, то производим расчет увеличения длительности проекта. Если новое время реализации проекта удовлетворяет ЛПР, то для определения уровня страхового запаса используем Q-модель. Если не удовлетворяет, то рассчитываем новые затраты на реализацию проекта (стоимость проекта будет увеличена, так как необходимо сократить время реализации проекта и создать резервный запас, т.е. увеличатся затраты на хранения), то сравниваются затраты на хранение с ликвидационной стоимостью, и если стоимость хранения меньше, то увеличивается стоимость проекта на величину затрат на хранение. Для определения уровня страхового запаса используем однопериодную модель. В противном случае увеличивается стоимость проекта на величину ликвидационных затрат. Для определения уровня страхового запаса используем Q-модель.

$$\begin{aligned} & \text{if } w_i \in N \wedge t_i^{\text{pec}} < t_i^{\text{прив}} \wedge r_{ij} \in \{R_i^A \vee R_i^B\} \wedge Z_j^{\text{xp}} > Z_j^{\text{прив}} \Rightarrow \\ & \Rightarrow \Delta t_i = t_i^{\text{pec}} - t_i^{\text{прив}}, t^{\text{np}} = t_0^{\text{np}} + \Delta t_i \rightarrow \\ & \rightarrow \left\{ \begin{array}{l} \text{if } t^{\text{np}} = t_{\text{ЛПР}} \Rightarrow Q\text{-модель;} \\ \text{if } t^{\text{np}} \neq t_{\text{ЛПР}} \Rightarrow \left\{ \begin{array}{l} Z_{ij}^{\text{xp}} > Z_{ij}^{\text{лик}}, \\ Z^{\text{np}} = Z_0^{\text{np}} + Z_{ij}^{\text{xp}} \rightarrow Q\text{-модель;} \\ Z_{ij}^{\text{xp}} \leq Z_{ij}^{\text{лик}}, \\ Z^{\text{np}} = Z_0^{\text{np}} + Z_{ij}^{\text{лик}} \rightarrow \text{Однопер. модель;} \end{array} \right. \end{array} \right. \end{aligned}$$

$$\text{if } w_i \in N \wedge t_i^{\text{pec}} < t_i^{\text{прив}} \wedge r_{ij} \in \{R_i^C\} \wedge Z_j^{\text{xp}} > Z_j^{\text{прив}} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \Delta t_i = t_i^{\text{pec}} - t_i^{\text{прив}}, t^{\text{np}} = t_0^{\text{np}} + \Delta t_i \rightarrow$$

$$\rightarrow \left\{ \begin{array}{l} \text{if } t^{\text{np}} = t_{\text{ЛПР}} \Rightarrow P\text{-модель;} \\ \text{if } t^{\text{np}} \neq t_{\text{ЛПР}} \Rightarrow \left\{ \begin{array}{l} Z_{ij}^{\text{xp}} > Z_{ij}^{\text{лик}}, \\ Z^{\text{np}} = Z_0^{\text{np}} + Z_{ij}^{\text{xp}} \rightarrow P\text{-модель;} \\ Z_{ij}^{\text{xp}} \leq Z_{ij}^{\text{лик}}, \\ Z^{\text{np}} = Z_0^{\text{np}} + Z_{ij}^{\text{лик}} \rightarrow Q\text{-модель,} \end{array} \right. \end{array} \right.$$

где  $\Delta t_i$  – задержка реализации i-й работы;  $t^{\text{np}}$  – время реализации проекта с учетом времени на управление запасами;  $t_0^{\text{np}}$  – первоначальное время на выполнение проекта;  $t_{\text{ЛПР}}$  – время реализации проекта с учетом времени работ по устранению последствий проявления факторов риска, приемлемое для ЛПР (лица, принимающего решение).

3. Если работа находится на критическом пути и ресурс принадлежит к группе А или В, и затраты на хранение больше чем затраты на приведение ресурса в работоспособное состояние, а затраты на штрафные санкции превышают затраты на выполнение заказа и на хранение, то используем Q-модель для определения страхового запаса. Если затраты на штрафные санкции не превышают затрат на хранение, то страховой запас не создаем, а используем Q-модель для определения точки и объема заказа. Если затраты на хранение меньше затрат на приведение ресурса в работоспособное состояние и меньше штрафных затрат, то используем однопериодную модель:

$$\text{if } w_i \in C \wedge r_{ij} \in \{R_i^A \vee R_i^B\} \wedge Z_j^{\text{штп}} > Z_j^{\text{xp}} > Z_j^{\text{прив}} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \left\{ \begin{array}{l} Z_j^{\text{xp}} > Z_j^{\text{лик}} \rightarrow Q\text{-модель,} \\ \text{определяем страховой запас;} \\ Z_j^{\text{xp}} < Z_j^{\text{лик}} \rightarrow \text{Однопер.модель,} \\ \text{определяем страховой запас;} \end{array} \right.$$

$$\text{if } w_i \in C \wedge r_{ij} \in \{R_i^A \vee R_i^B\} \wedge Z_j^{\text{xp}} > Z_j^{\text{штп}} > Z_j^{\text{прив}} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow Q\text{-модель, определяем}$$

объем заказа и точку заказа;

$$\text{if } w_i \in C \wedge r_{ij} \in \{R_i^A \vee R_i^B\} \wedge Z_j^{\text{штп}} > Z_j^{\text{xp}} > Z_j^{\text{штп}} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \text{Однопер.модель,}$$

определяем страховой запас;

$$\text{if } w_i \in C \wedge r_{ij} \in \{R_i^C\} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow P\text{-модель, определяем}$$

объем заказа и точку заказ.

Таким образом, выбор модели управления запасами ресурсов проекта, фактически полностью будет определяться типом ресурса и нахождением работы на критическом пути проекта. При этом, на результат решения будет большое влияние оказывать ЛПР, поскольку будет определять важность временных или стоимостных параметров для проекта.

## Заключение

Таким образом, в статье представлен обобщенный системный сценарий управления обеспечивающими ресурсами проектов, который позволит в комплексе оценить необходимый минимальный объем требуемых основных и страховых ресурсов для реализации проекта. Основное внимание в статье уделено алгоритмической модели выбора системы управления запасами ресурсов на основе параметров проекта и множества обеспечивающих ресурсов. Предлагаемая методика может быть использована исполнителями или менеджером проекта в ходе планирования и управления ПСНТ.

## Список литературы

1. *Управление проектами: Справочное пособие / И.И. Мазур, В.Д. Шапиро и др.; Под редакцией И.И. Мазура и В.Д. Шапиро. – М.: Высш. шк., 2001. – 875 с.*

2. Чейз Р.Б., Эквилайн Н.Дж., Якобс Р.Ф. *Производственный и операционный менеджмент: Пер. с англ.* – М.: Издательский дом «Вильямс», 2003. – 704 с.

3. Букан Дж., Кенигсберг Э.К. *Научное управление запасами.* – М.: Наука, 1967. – 424 с.

4. Хазанова Л.Э. *Методы и модели управления материальными потоками: Учебник.* – М.: БЕК, 2003. – 120 с.

5. Попов В.А., Котляров А.В. *Анализ принципов построения компьютерных систем для производственных предприятий // Авиационно-космическая техника и технология.* – Х.: НАКУ «ХАИ», 2002. – Вып. 29. – С. 133-144.

6. Сайт "ВОЛТЕРС КЛУБЕР" [Электрон. ресурс]. – Режим доступа: <http://www.wolters-kluwer.ru>.

7. Сайт компании Logist-ICS [Электрон. ресурс]. – Режим доступа: <http://logist-ics.ru/solutions.htm>.

*Поступила в редколлегию 28.02.2007*

**Рецензент:** докт. техн. наук, проф. А.Н. Баранов, Украинская инженерно-педагогическая академия, Харьков.