

## Посилання на статтю

Возный А.М. Совершенствование системы управления воспроизводимыми ресурсами судостроительного производства / А.М. Возный // Управління проектами та розвиток виробництва: Зб.наук.пр. – Луганськ: вид-во СНУ ім. В.Даля, 2005 - №1(13). - С. 145-153. Режим доступу: <http://www.pmdp.org.ua/>

УДК 65.012:629.5

**А.М. Возный**

### **СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ВОСПРОИЗВОДИМЫМИ РЕСУРСАМИ СУДОСТРОИТЕЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА**

Предложены пути совершенствования системы управления воспроизводимыми ресурсами судостроительного производства. Определены направления дальнейших исследований в этой области. Рис. 2, ист. 15.

Ключевые слова: воспроизводимые ресурсы, управление портфелем проектов, оптимизация, сетевые модели, календарно-ресурсное планирование, концентрическое управление.

**О.М. Возний**

### **ВДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ВІДТВОРЮВАНИМИ РЕСУРСАМИ СУДНОБУДІВНОГО ВИРОБНИЦТВА**

Запропоновані шляхи вдосконалення системи управління відтворюваними ресурсами суднобудівного виробництва. Визначені напрямки подальших досліджень у цій області. Рис. 2, дж. 15.

**A. M. Vozniy**

### **PERFECTION THE RENEWABLE RESOURCE MANAGEMENT SYSTEM IN SHIPBUILDING**

Ways of the renewable resource management system perfection in shipbuilding is offered. Directions of further researches are determined.

**Постановка проблемы в общем виде и ее связь с важными научными или практическими задачами.** На сегодняшний день морской транспорт является наиболее удобным и дешевым видом транспорта. Неоценима его роль в создании и развитии мирового рынка и международного разделения труда: существуют страны, в которых доля морских перевозок составляет 90–98 % [1]. В настоящее время мировое судостроение уверенно наращивает мощности.

К сожалению, сегодняшнее состояние морского флота и судостроительной отрасли Украины можно охарактеризовать как критическое [2]. В настоящее время отечественный судостроительный рынок не развит – украинские пароходства не в состоянии делать заказы на постройку новых судов. Основные заказы – судоремонт. На мировом же рынке продукция отечественного

судостроения не конкурентоспособна. Основной причиной является относительно длительный период постройки судна и высокая стоимость, которая не соответствует достигаемому уровню качества. Это является следствием не только физического и морального износа основных средств, а также снижения за последние годы квалификации рабочих, но и несовершенства системы управления производством в целом и, в частности, воспроизводимыми ресурсами, как одним из основных рычагов управления длительностью, стоимостью и качеством проекта.

Особенности судостроительного производства обуславливают определенные сложности управления производственным процессом, преодолеть которые, несмотря на многочисленные исследования и разработки в этой области, проводимые в 60-х – 80-х гг. предыдущего столетия, на практике не удалось. С распадом СССР исследования и вовсе прекратились. За это время накопились достаточно обширные знания в области управления проектами, искусственного интеллекта, информационных технологий, усовершенствованы аппаратные и программные средства вычислительной техники. Это дает предпосылки для нового витка исследований в данном направлении.

***Анализ последних исследований и публикаций, в которых начаты решения данной проблемы и на которые опирается автор.*** Основные вопросы и особенности управления воспроизводимыми ресурсами проекта изложены в [3, 4]. Ключевой проблемой при этом является оптимальное распределение ресурсов по работам проекта. Решение данной задачи по своей сути является компромиссным, поскольку каждый план распределения ресурсов имеет свои показатели длительности, стоимости и качества проекта. Методология принятия компромиссных решений по этим трем показателям описана в [4, 5]. Здесь подчеркивается, что оптимальность в данном контексте подразумевает оптимум по Парето. Очевидно, что данный подход применим только при относительно небольшом количестве альтернатив. В больших многосетевых моделях, характерных для судостроения, его применение возможно только после определенной доработки.

Применение моделей линейного целочисленного программирования в задачах управления судостроительным производством и проектами виртуальных производств в судостроении представлено в [2, 6]. Также здесь описывается возможность использования для этих целей информационных систем различных классов.

Задачи распределения ресурсов в сетях являются одним из классов задач, которые рассматриваются теорией исследования операций. Методы решения таких задач приведены в [7, 8]. Методам решения частных задач распределения ресурсов в управлении проектами посвящены работы [9, 10]. Ни одна из частных постановок, описанных в этих источниках, не может быть использована в судостроении в исходном виде.

Основы моделирования производственного процесса на судостроительных предприятиях изложены в [11, 12, 13]. Значительный упор здесь делается на машинную обработку информации, приводятся алгоритмы решения отдельных управленческих задач.

Существенной проблемой управления судостроительным производством является отсутствие полной и точной информации по всем работам на момент составления графиков постройки судов. Вопросам управления проектами в таких условиях посвящены разработки, проводимые в Российском научно-исследовательском институте искусственного интеллекта на базе аппарата

недоопределенной математики и формальной модели времени, включающей развитую систему логического вывода [14, 15].

**Выделение нерешенных прежде частей общей проблемы, которым посвящается обозначенная статья.**

Воспроизводимые ресурсы являются не только эффективным рычагом управления, но и ключевым элементом проекта как системы, через который взаимодействуют многие задачи управления и подготовки производства. Можно назвать следующие ключевые задачи, требующие учета ресурсных возможностей судостроительного предприятия:

- определение длительности и стоимости постройки судна, а также других параметров на этапе заключения контракта с заказчиком;
- принятие конструкторских, технологических и организационных решений на этапе технической подготовки производства;
- оперативное управление производственным процессом на этапе постройки судна.

Очевидно, что любое решение в рамках каждой из перечисленных задач будет влиять на принятые или принимаемые решения в других задачах. Однако, на сегодняшний момент, в реальных производственных условиях эти задачи решаются изолировано друг от друга (например, при разработке графика постройки нового судна, графики постройки других судов и загрузки ресурсов не корректируются, а в новом проекте используются только недогруженные ресурсы), а при проектировании учитывается только принципиальная ресурсная возможность завода-строителя изготовить ту или иную конструкцию, но ни как ни реальная загрузка ресурсов.

Ключевой проблемой обособленности решения перечисленных задач является отсутствие такой модели процессов постройки судов (включая нормативное обеспечение), которая позволяла бы сочетать укрупненные и детальные данные, точную и приближенную информацию по всем проектам таким образом, чтобы можно было не только делать прогнозы загрузки воспроизводимых ресурсов, но решать задачу их распределения на основе выбранной функции цели. Интеграции задач управления и подготовки производства также должно способствовать совершенствование их информационного взаимодействия на основе единого информационного хранилища.

Задача оптимального распределения воспроизводимых ресурсов для судостроительного производства на данный момент не решена в основном из-за ее большой размерности: количество работ, между которыми необходимо распределить ресурсы исчисляется десятками тысяч, а количество всех альтернатив – числом с миллионами знаков. Кроме того, в процессе постройки судов неизбежны отклонения от плана, т.е. требуются многократные пересчеты и поиск нового решения для изменившихся условий.

На практике рассматривают только несколько альтернативных вариантов формирования корпуса судна на стапеле, остальные решения по распределению ресурсов принимают непосредственно в процессе постройки судов по принципу системы с вытягиванием.

Требуется совершенствования и схема организации управления судостроительным производством, которая существует практически без изменений еще со времен плановой экономики.

Таким образом, подытоживая вышесказанное, можно сформулировать следующие нерешенные на сегодняшний день задачи:

- разработка комплексной модели процессов постройки судов, сочетающей данные различной степени детализации, и ее нормативного обеспечения;

– оптимальное распределение воспроизводимых ресурсов судостроительного предприятия по работам портфеля проектов, с учетом постоянно изменяющихся внутренних и внешних условий, а также неполной информации;

– нахождение рациональной схемы организации управления судостроительным производством;

– информационная интеграция системы управления возобновляемыми ресурсами с другими системами управления и системой технической подготовки производства.

**Целью данной статьи** является определение основных путей решения поставленных задач.

**Изложение основного материала исследования с полным обоснованием полученных научных результатов.** С момента появления методов сетевого планирования и управления производились многочисленные разработки по их практическому применению в управлении судостроительным производством. Однако, в силу определенных причин, реально использовались и используются только укрупненные модели (графики) постройки судов. Принятие решений по оперативному управлению производством (ресурсами) на основе таких моделей достаточно проблематично.

В основе комплексной модели процессов постройки судов должна лежать иерархическая система планово-учетных единиц (ПУЕ). Судостроению присуща специфическая система ПУЕ, обусловленная конструктивными особенностями выпускаемой продукции, а также технологическими и организационными особенностями производственного процесса. В [5] приведена универсальная система ПУЕ постройки судов, отвечающая современным требованиям конструкторского, технологического, организационного и экономического характера. Состав системы ПУЕ включает в себя следующие уровни: заказ (судно); строительный район; конструктивно-технологический элемент; технологический комплект; бригадокомплект.

Бригадокомплект является неделимой работой комплексной сетевой модели постройки судов. Данные по бригадокомплектам могут агрегироваться в ПУЕ более высокого уровня. Однако на начальных этапах разработки проекта детализировать модель до уровня бригадокомплектов практически невозможно. В этом случае в качестве работы временно могут выступать ПУЕ более высокого уровня. Дальнейшая их детализация будет происходить по мере поступления новой информации.

Связи предшествования (технологические) в такой сетевой модели могут устанавливаться:

- между бригадокомплектами внутри технологического комплекта;
- между различными технологическими комплектами.

Специфика судостроительного производства не предусматривает установление связей предшествования между бригадокомплектами различных технологических комплектов (кроме начальных и завершающих). Это позволяет "сшивать" сетевую модель постройки судна из отдельных фрагментов-подсетей – технологических комплектов. В случае, если состав технологических комплектов неизвестен, допускается установление временных связей между ПУЕ более высокого уровня с последующей их заменой технологическими связями.

Пример структуры предлагаемой модели представлен на рис. 1.

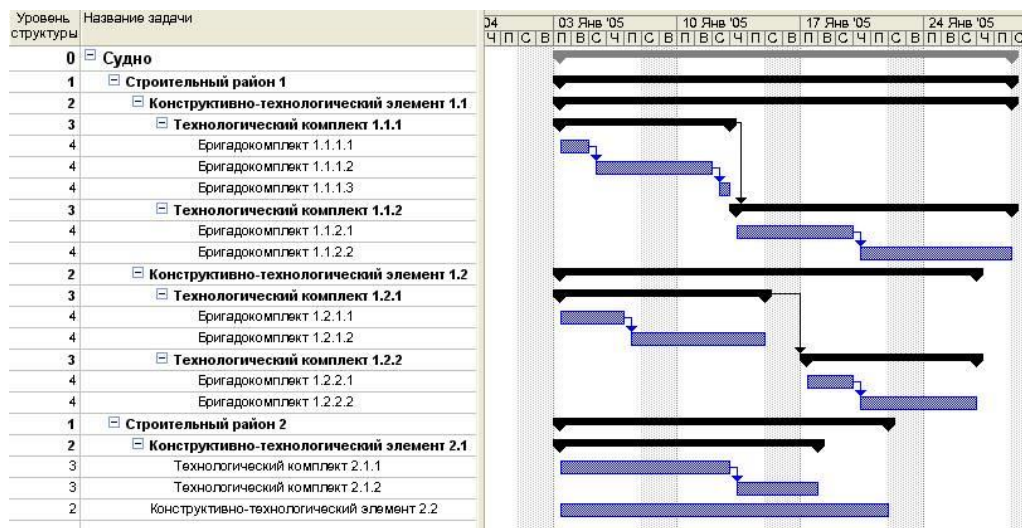


Рис. 1. Пример структуры сетевой модели постройки судна

В условиях принадлежности работ различным уровням ПУЕ возникает необходимость использования в одной модели детальных и укрупненных норм и нормативов. Основой для разработки укрупненных норм могут быть как сведения экспертов, так и детальные нормы, агрегированные на основе библиотеки типовых фрагментов модели.

В силу определенной уникальности и высокой технической сложности каждого судна, в процессе постройки неизбежно возникают отклонения показателей плана от нормативных значений. Таким образом, разработка детальными и укрупненными норм высокой точности лишена практического смысла, а на начальных этапах разработки проекта – практически невозможна. Вместо этого предлагается представлять основные показатели плана (длительность, стоимость, потребность в ресурсах и т.д.) не одним числом, а интервалом (мультиинтервалом). Например, длительность работы может составить от 2 до 4 дней –  $d = [2; 4]$ . При этом определение расчетных параметров будет производиться методами интервальной математики. Ограничения проекта могут также быть представлены в виде интервала – проект должен быть закончен в период  $[1.04.2006; 20.04.2006]$ . В этом случае теряют смысл классические понятия критического пути и резервов времени. Резервы определяются только ограничениями, налагаемыми на проект. Минимальный срок реализации проекта ("критический путь") определяется нижним значением интервала длительности суммарной работы проекта. Это касается и стоимости проекта.

Данная концепция, разработанная в Российском научно-исследовательском институте искусственного интеллекта и названная недоопределенным календарно-ресурсным планированием, позволяет применить принципиально новый подход к оптимальному распределению воспроизводимых ресурсов между работами портфеля проектов.

В судостроении, при принятии решения о распределении ресурсов, необходимо рассматривать пять уровней альтернатив:

- 1) альтернативные конструкторские решения (на этапе проектирования);
- 2) альтернативные структуры технологических процессов (альтернативные фрагменты сетевой модели постройки судна);

- 3) альтернативные варианты следования различных технологических процессов;
- 4) альтернативные ресурсы, способные выполнить определенную работу;
- 5) альтернативные варианты последовательности выполнения параллельных работ одним ресурсом (при ресурсном выравнивании).
- Укрупнено последовательность принятия решений выглядит так, как показано на рис. 2.

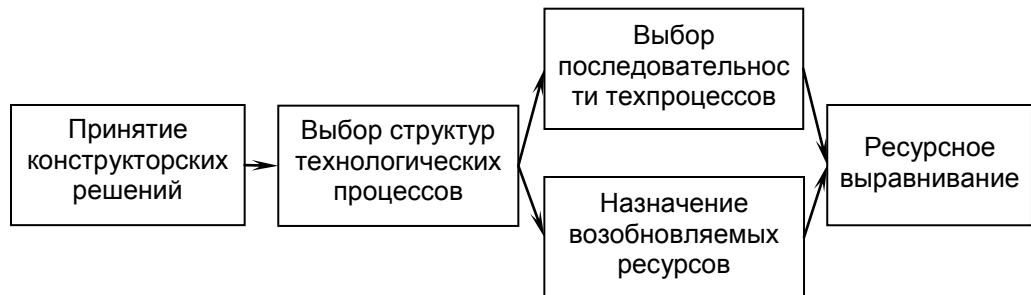


Рис. 2. Укрупненная последовательность принятия решений при распределении ресурсов

Современные информационные системы управления проектами позволяют в автоматическом режиме решать задачи назначения ресурсов из перечня предложенных пользователем альтернатив и ресурсное выравнивание. Это производится при условии, что решены остальные три задачи. Однако при их решении необходимо принимать во внимание ресурсные ограничения. Круг замыкается, и разорвать его на сегодняшний момент можно только путем ручного перебора альтернатив.

В концепции недоопределенного календарно-ресурсного планирования мультиинтервалы значений, которые могут принимать параметры, определяются с учетом имеющейся на определенный момент информации по всем возможным альтернативам. В процессе доопределения (уточнения) модели мультиинтервалы также доопределяются (сужаются). При этом из дальнейшего рассмотрения исключаются альтернативы, которые не обеспечивают попадание хотя бы одного параметра в текущее значение мультиинтервала. Доопределенный таким образом мультиинтервал является пересечением значений интервалов на множестве оставшихся альтернатив.

Оптимизация таких моделей возможна путем введения в них целевой функции с последующим вырождением ее мультиинтервала в необходимое значение (обычно минимальное либо максимальное) и доопределения на основе этого остальных параметров модели. При этом можно проводить оптимизацию как на уровне всей модели, так и на уровне ее отдельных фрагментов с их последующим "сшиванием". Например, можно выбрать такой техпроцесс, который обеспечивал бы минимум затрат при ограничениях по времени, с учетом доступности ресурсов (локальный оптимум).

На сегодняшний день авторами концепции недоопределенного календарно-ресурсного планирования разработан программный комплекс Time-EX. Однако из функций ресурсного планирования в нем реализовано только ресурсное выравнивание, причем с использованием эвристик. В настоящее время в НИИ ведутся разработки, которые позволили бы решить данную задачу точными математическими методами.

Формальной методики решения оптимизационных задач на множестве альтернатив в недоопределенном календарном планировании пока не существует. Однако проведенные предварительные исследования в этом направлении показывают возможность использования для этой цели модификацию универсального решателя UniCalc (является вычислительным ядром Time-EX) на базе алгебры логики.

Предложенный выше подход к моделированию и расчету параметров процессов постройки судов может позволить:

- решать оптимизационные задачи большой размерности путем декомпозиции их на более мелкие на основе системного анализа и синтеза;
- принимать во внимание большое количество альтернативных вариантов;
- использовать неполную информацию при принятии решений;
- доопределять модель фактической информацией в процессе реализации проектов.

- отказаться от эвристик как способа решения задачи распределения ресурсов;

- сосредоточится на более адекватном моделировании производственных процессов.

Проблемой оптимального распределения возобновляемых ресурсов судостроительного производства, кроме всего прочего, является отсутствие критерия (критериев), которые позволили бы одновременно учесть:

- длительность, стоимость и качество отдельных проектов и портфеля в целом;

- наличие постоянных затрат, не зависящих от объемов производства;

- стоимость денег во времени, инфляцию (в силу длительного производственного цикла);

- стоимость финансовых ресурсов, привлекаемых в проекты;

- график платежей заказчика.

Принимая во внимание сложившуюся на судостроительных предприятиях организацию управления производством [6], перспективной для судостроения представляется модель концентрического управления, предложенная компанией Primavera ([www.primavera.com](http://www.primavera.com)).

В организационном плане, задачи управления производством на судостроительных предприятиях возложены на следующие структурные подразделения:

- планово-экономический отдел (ПЭО) – общезаводской уровень управления;

- производственно-диспетчерский отдел (ПДО) – межцеховой уровень;

- планово-распределительные бюро (ПРБ) цехов – внутрицеховой уровень.

- отдел строителей (менеджеров) проектов.

На общезаводском уровне ведется управление портфелем проектов в целом: производится технико-экономическое планирование, формируются сводные графики постройки судов, обеспечивается соблюдение директивных сроков и бюджета в целом. При этом используются такие планово-учетные единицы как судно, строительный район, конструктивно-технологический элемент, технологический комплект.

На межцеховом уровне обеспечивается координация работы цехов. Производственный процесс должен быть организован таким образом, чтобы к моменту завершения работ одним цехом, следующий по технологической цепочке цех был способен принять детали (узлы) для дальнейшей обработки. При этом необходимо устранить межоперационное пролеживание, а также

простой производственных бригад. На данном уровне используется такая ПУЕ как технологический комплект.

На внутрицеховом уровне обеспечивается ритмичная работа производственных участков и бригад. При этом исходят из директивных сроков, рассчитанных на межцеховом уровне. Используется такая ПУЕ как бригадокомплект.

Строители (менеджеры) проектов координируют процесс постройки отдельных суден.

В общем случае, технологию концентрического управления судостроительным производством с использованием программных комплексов управления проектами можно представить следующим образом.

Высшее руководство предприятия формирует стратегию формирования портфеля проектов, а также наряду с менеджерами проектов координирует процесс постройки суден и соблюдение договорных обязательств. На данном уровне управления воздействие на производственные процессы возможно путем расстановки приоритетов на уровне таких ПУЕ как заказы, строительные районы, укрупненные конструктивно-технологические элементы. Непосредственные изменения в календарные графики не вносятся. Информация, необходимая для данного уровня управления, должна агрегироваться в режиме реального времени на основе рабочих календарных планов, разрабатываемых на более низких уровнях (например, путем публикации сводных календарных планов на веб-сервере).

За разработку технологического графика постройки судна отвечает строитель (менеджер) проекта. При этом основное внимание уделяется корректности модели постройки судна (состав и содержание работ, взаимосвязи между ними, прогнозируемые длительности работ с учетом всех возможных альтернатив).

Расчет календарных дат начала и окончания работ (генеральные графики постройки судов и сводный график постройки судов – стпельное расписание) должен производиться производственно-диспетчерским отделом при участии технологических служб на уровне всего портфеля проектов с использованием технологических графиков. При этом генеральные графики постройки суден должны быть производными от сводного графика, а не наоборот, как было ранее.

Детализация технологических графиков проектов до уровня технологических комплектов должна производиться на общезаводском уровне. Дальнейшая детализация до уровня бригадокомплектов должна производиться непосредственно в цехах. В дальнейшем, разработанные в цехах сетевые модели технологических комплектов вставляются в технологический график как подпроекты.

Большинство современных профессиональных и полупрофессиональных программных комплексов управления проектами (Primavera, Microsoft Project, Spider Project и др.) способны поддержать предложенную модель управления судостроительным производством. Основным требованием при этом является поддержка сборки и обновления проектов из отдельных подпроектов, а также возможность публикации данных на веб-сервере.

Использование недоопределенного календарно-ресурсного планирования в сочетании с предложенной реализацией концентрического управления судостроительным производством позволит преодолеть существующий на сегодня разрыв между задачами технической подготовки производства, технико-экономического (укрупненного) и оперативно-производственного планирования. Поэтапное доопределение модели проекта позволит постепенно перейти от



укрупненного плана к детальному на базе единой структуры работ, которая должна соответствовать принятой для данного проекта системы ПУЕ.

Немаловажную роль в уменьшении трудоемкости и повышении качества решения задач управления воспроизводимыми ресурсами играет интеграция автоматизированной системы управления производством с автоматизированными системами технической подготовки производства. Такая интеграция должна обеспечиваться на основе единой информационной базы (хранилища). В перспективе представляется целесообразным перенести принятие определенных решений в задачах технической подготовки производства в систему управления возобновляемыми ресурсами (например, выбор оптимальных структур технологических процессов можно осуществлять только с учетом загруженности оборудования). При этом в системах технической подготовки производства производится только генерация возможных вариантов, а непосредственный выбор происходит при распределении ресурсов.

**Выводы по данному исследованию.** Совершенствование системы управления воспроизводимыми ресурсами, как ключевого элемента управления производственным процессом, является, на сегодняшний день, наиболее реальным способом повышения конкурентоспособности отечественных судостроительных предприятий. В данной статье намечены следующие пути такого совершенствования:

– использование комплексной модели процессов постройки суден, сформированной на основе системы ПУЕ и сочетающей детальные и укрупненные работы;

– использование концепции недоопределенного календарного планирования как базы для разработки алгоритмов оптимального распределения воспроизводимых ресурсов;

– адаптация концепции концентрического управления проектами с использованием современных информационных систем к особенностям судостроения;

– интеграция системы управления воспроизводимыми ресурсами с системами технической подготовки производства и перенесения принятия отдельных решений из второй в первую.

**Перспективы дальнейшего развития в данном направлении:**

– адаптация предложенных моделей к реальным производственным условиям, разработка необходимой нормативной и справочной информации;

– разработка комплексного критерия и алгоритмов оптимального распределения воспроизводимых ресурсов;

– интеграция систем технической подготовки и управления судостроительным производством.

**ЛИТЕРАТУРА**

1. Шквар А.Я., Захаров Ю.В., Еганов А.Е., Кошкин К.В. Развитие флота и судостроения до 2005 - 2010 годов. Новые технологии // Зб. наук. праць УДМТУ. – Миколаїв: УДМТУ. – 2000. - № 6(372). – С. 99-109.
2. Кошкин К.В., Павлов А.А. Алгоритмическое обеспечение управления проектами виртуальных производств в судостроении: Монография / К.В. Кошкин, А.А. Павлов – Херсон; Олди-плюс, 2001. – 178 с.
3. Керівництво з питань проектного менеджменту: Пер. з англ./ Під ред. С.Д. Бушуєва, 2-е вид., перероб. – К.: Видавничий дім "Деловая Украина", 2000. – 198 с.
4. Управление проектами./ И. И. Мазур, В. Д. Шапиро и др. справочное пособие/ Под редакцией И. И. Мазур, В. Д. Шапиро. – М.: Высшая школа, 2001 – 875с.

5. Возный А.М. Рациональный выбор календарного плана проекта // Управління проектами та розвиток виробництва. Збірник наукових праць. – 2004. - № 1(9). – С. 36-39.
6. Кошкин К.В. Организация компьютерных интегрированных производств в судостроении: Монография. – Николаев: УГМТУ, 1999. – 220 с.
7. Зайченко Ю.П. Исследование операций. – К.: "Высшая школа", 1975. – 320 с.
8. Давыдов Э.Г. Исследование операций: Учеб. пособие для студентов вузов. – М.: Высш. шк., 1990. 383 с.
9. Баркалов С.А., Бурков В.Н., Гилязов Н.М. Методы агрегирования в управлении проектами. – М.: ИПУ РАН, 1999 – 55 с.
10. Баркалов П.С., Буркова И.В., Глаголев А.В., Колпачев В.Н. Задачи распределения ресурсов в управлении проектами. М.: ИПУ РАН, 2002. – 65 с.
11. Брехов А.М. Автоматизированная система управления производством судостроительных предприятий. – Л.: Судостроение, 1978. – 220 с.
12. Организация, планирование и управление производством на судостроительных предприятиях: Учебник для кораблестроительных вузов / Брехов А.М., Жучков Б.Н., Римме А.И. и др.; Под общ. ред. Б.Н. Жучков. – Л.: Судостроение, 1981. – 392 с.
13. Ходорковский Л.М. Методы информационного отображения процессов производства и управления на судостроительном предприятии. – Л.: Судостроение, 1981. – 176 с.
14. Нариньяни А.С., Седреева Г.О., Седреев С.В., Фролов С.А. Time-EX/Windows - Новое поколение технологии календарного планирования // Сб. Проблемы представления и обработки не полностью определенных знаний, Российский Научно-исследовательский институт искусственного интеллекта. – Москва-Новосибирск, 1996.
15. Банасюкевич Д.В., Гофман И.Д., Инишев Д.А., Нариньяни А.С. Интеллектуальная технология недоопределенного планирования и управления проектами Time-EX // Труды II-ой международной конференции CSCMP-2000. – Самара, 2000.

Стаття надійшла до редакції 28.01.2005 р.