

# МЕТОДЫ, МОДЕЛИ И ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРОЕКТОВ И ПРОГРАММ РАЗВИТИЯ НАУКОЕМКИХ ПРОИЗВОДСТВ

А.М. Возный, канд. техн. наук;<sup>1</sup>

А.Ю. Гайда, ст. преп.;<sup>1</sup>

К.В. Кошкин, проф., д-р техн. наук<sup>1</sup>

А.Н. Шамрай, инженер<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Национальный университет кораблестроения, г. Николаев

<sup>2</sup>ПАО «Вадан Ярмс Океан», г. Николаев

**Аннотация.** Рассмотрены правовое поле, условия создания и функционирования наукоемких производств. Приведены примеры реализации проектов эффективных предприятий в различных отраслях экономики, для создания которых использованы соответствующие методы, модели и информационные технологии.

**Ключевые слова:** наукоемкие производства, проекты и программы развития, создание и функционирование конкурентоспособных предприятий.

**Анотація.** Розглянуті правове поле, умови створення та функціонування наукоемних виробництв. Наведені приклади реалізації проектів ефективних підприємств у різних галузях економіки, для створення яких використані відповідні методи, моделі та інформаційні технології.

**Ключові слова:** наукоемні виробництва, проекти й програми розвитку, створення та функціонування конкурентоспроможних підприємств.

**Abstract.** The legal framework, establishment conditions and functioning of the science-oriented manufactures are discussed. The examples of effective enterprises projects realization in different branches of economics are presented. The appropriate methods, models and information technologies were used for the enterprises founding.

**Keywords:** science-oriented manufactures, projects and development programs, establishment and functioning of competitive enterprises.

## ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

Появление наукоемких производств является результатом естественной эволюции технологического развития, обусловившим необходимость увеличения затрат на науку и образование и, как следствие, создания в экономике замкнутого научно-производственного комплекса, обеспечивающего отдачу затраченных средств, в том числе на расширение базы исследований, разработок и со-

вершенствование системы образования. К категории наукоемкой принято относить такую продукцию, доля затрат на исследование и разработку которой в общих издержках или объемах продаж составляет 3–4%. Создание и функционирование наукоемких производств требует разработки соответствующих моделей, методов и информационных технологий управления проектами и программами развития наукоемких производств.

## АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

В настоящее время авторами исследований предлагаются следующие основные подходы к решению проблем украинской наукоемкой промышленности:

примитивизация производства, позволяющая удешевить продукцию и сохранить производственную базу с минимальными затратами [2, 6, 7]; преимущество — сохранение рабочих мест, недостаток — массовый ввоз в страну зарубежной высокотехнологичной продукции;

использование современных технологий промышленно развитых стран [2, 6, 7, 10]; преимущества — освоение международных стандартов, повышение квалификации персонала, совместный выход на зарубежный рынок, недостаток — зависимость отечественной промышленности от зарубежных технологий;

отбор приоритетных направлений и концентрация на них существенной части весьма ограниченных ресурсов [2, 6, 7, 11, 12]; преимущество — разработка совершенно новых отечественных технологий, недостаток — поддержка небольшого числа коллективов ученых.

Для законодательной поддержки научной, научно-технической и инновационной деятельности были приняты законы Украины «Об основах государственной политики в сфере науки и научно-технической деятельности» (1991 г.), «О научной и научно-технической деятельности» (1998 г.), «О приоритетных направлениях развития науки и техники» (2001 г.), «Об инновационной деятельности» (2002 г.), «О приоритетных направлениях инновационной деятельности в Украине» (2003 г.), «Об общегосударственной комплексной программе развития высоких наукоемких технологий» (2004 г.), утверждена «Концепция технологического научно-инновационного развития Украины» (1999 г.).

### *Выделение нерешенной части общей проблемы*

К сожалению, по ряду причин реализация законодательного поля оказалась не-

эффективной, к тому же Правительством и Верховной Радой Украины в 2004 году приостановлено введение в действие стимулирующих статей 21 и 22 Закона Украины «Об инновационной деятельности», ограничена реализация отдельных положений Закона Украины «О специальном режиме инвестиционной и инновационной деятельности технологических парков», принятого в 1999 г.

Эффективность реализации инновационного проекта зависит от функционирования инновационной цепочки «научная идея — промышленная технология — производственная система». Конкурентоспособность наукоемкого изделия обуславливается сокращением продолжительности стадий его жизненного цикла (маркетинговые исследования — проектирование — производство), их удешевлением при обеспечении необходимого качества [5, 9, 12]. Высокотехнологичный характер наукоемкого изделия требует использования соответствующих методов, моделей и методологий реализации всех стадий его жизненного цикла.

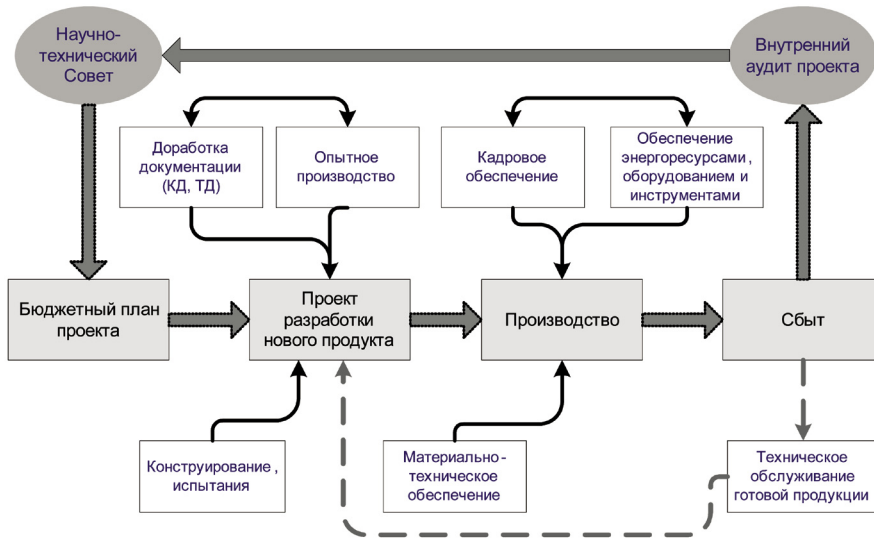
**ЦЕЛЮЮ ИССЛЕДОВАНИЯ** является разработка методологических основ, моделей, методов и информационных технологий реорганизации наукоемких украинских предприятий в условиях трансформации экономической ситуации и создания системы проектно-ориентированного управления в научно-производственных комплексах.

## ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ ИССЛЕДОВАНИЯ

Объектом исследования являются процессы создания и функционирования наукоемких производств, предметом — соответствующие модели конкурентоспособных предприятий.

Методы, модели и алгоритмическое обеспечение создания и функционирования наукоемких производств рассматривались в работах [5, 9], там же приведены примеры их использования для организации и функционирования конкурентоспособных предприятий в судостроении, энергетическом машиностроении и сельском хозяйстве.

Так, анализ эффективности организационной системы, включающей в себя два



**Рис. 1.** Организационная структура научно-производственного комплекса НПКГ «Зоря»–«Маш-проект»

центра управления и производственную систему, на основании теории активных систем [1, 3, 5, 9] применительно к созданию и функционированию наукоемкого предприятия Научно-производственный комплекс газотурбостроения (НПКГ) «Зоря» – «Маш-проект», позволил предложить организационную структуру, обеспечивающую равновесие по критерию Нэша и оптимальную — по критерию Парето (рис. 1).

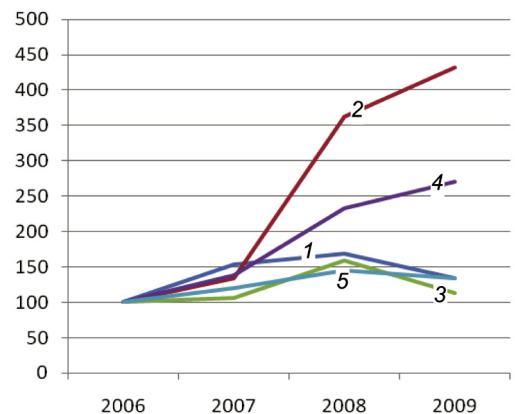
Создание комплекса дало возможность сократить сроки жизненного цикла наукоемкого изделия (газовая турбина) и повысить его качество за счет интеграции научной и производственной составляющих.

Эффективность функционирования производственной системы обеспечивается соответствующим алгоритмическим обеспечением, в основе которого лежит двухуровневая модель управления проектами [1, 5, 9].

Рост мирового портфеля заказов практически по всем типам судов (рис. 2) ставит перед судостроительным предприятием, имеющим длительный производственный цикл, задачу выбора оптимального портфеля проектов с учетом ресурсов предприятия (человеческих, финансовых, технологических) [4, 8, 13, 15, 16], что обеспечивается максимизацией функционала:

$$\sum_{t=1}^d \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m (\sum_{l=1}^q f_{lijt} - ac_{ijt}) pp_i - fc_t}{\left( 1 + \frac{\sum_{l=1}^q (\sum_{i=1}^n (\sum_{j=1}^m f_{lijt} pp_i) v_l)}{\sum_{l=1}^q \sum_{i=1}^n (\sum_{j=1}^m f_{lijt} pp_i)} \right)^t} \rightarrow \max,$$

где  $f_{lijt}$  — объем финансирования в  $t$ -м периоде  $j$ -го этапа финансирования  $i$ -го проекта из  $l$ -го источника;  $ac_{ijt}$  — переменные за-



**Рис. 2.** Динамика формирования портфеля заказов мирового судостроения (по типам судов):

- 1 — танкеры; 2 — балкеры; 3 — контейнеровозы;
- 4 — универсальные сухогрузы, рефрижераторы;
- 5 — Ро-Ро

| Ид. | Название задачи   | Длит.  | Дисконт.           |                    | Мастер-проект      |                    |                    |                    |                    |
|-----|-------------------|--------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
|     |                   |        | Затраты/поступл.   | Затраты/поступл.   | 2008               | 2009               | 2010               | 2011               | 2012               |
| 0   | Мастер-проект     | 60 мес | 74 157 079,00 грн. | 38 975 051,41 грн. | 1 180 785,00 грн.  | 11 957 889,00 грн. | 37 152 660,00 грн. | 20 093 820,00 грн. | 3 771 925,00 грн.  |
| 1   | Заказ 09132       | 31 мес | 9 047 388,00 грн.  | 6 060 394,17 грн.  | 23 791,00 грн.     | 4 704 642,00 грн.  | 2 171 373,00 грн.  | 1 447 582,00 грн.  |                    |
| 6   | Постройка судна   | 31 мес | 45 236 843,00 грн. | 32 552 172,06 грн. | 14 475 822,00 грн. | 18 064 777,00 грн. | 8 142 650,00 грн.  | 4 523 694,00 грн.  |                    |
| 2   | Финансирование    | 31 мес | 54 264 331,00 грн. | 38 612 566,25 грн. | 15 199 613,00 грн. | 22 789 419,00 грн. | 10 314 023,00 грн. | 5 971 276,00 грн.  |                    |
| 2   | Заказ 09133       | 34 мес | 9 430 359,00 грн.  | 6 247 476,56 грн.  | 660 125,00 грн.    | 4 715 180,00 грн.  | 2 263 286,00 грн.  | 1 791 768,00 грн.  |                    |
| 3   | Постройка судна   | 34 мес | 47 151 800,00 грн. | 33 582 834,97 грн. | 14 617 056,00 грн. | 17 917 664,00 грн. | 8 467 324,00 грн.  | 6 129 734,00 грн.  |                    |
| 6   | Финансирование    | 34 мес | 56 582 159,00 грн. | 39 630 311,53 грн. | 15 277 183,00 грн. | 22 632 864,00 грн. | 10 750 610,00 грн. | 7 921 502,00 грн.  |                    |
| 3   | Заказ 09134       | 37 мес | 9 386 873,00 грн.  | 6 159 820,95 грн.  | 563 213,00 грн.    | 4 599 568,00 грн.  | 2 158 980,00 грн.  | 2 065 112,00 грн.  |                    |
| 6   | Постройка судна   | 37 мес | 46 934 357,00 грн. | 33 133 731,50 грн. | 14 080 307,00 грн. | 17 365 712,00 грн. | 7 876 841,00 грн.  | 7 509 487,00 грн.  |                    |
| 6   | Финансирование    | 37 мес | 56 321 230,00 грн. | 39 293 552,45 грн. | 14 643 520,00 грн. | 21 965 260,00 грн. | 10 137 621,00 грн. | 9 574 608,00 грн.  |                    |
| 4   | Заказ 09135       | 23 мес | 9 590 189,00 грн.  | 6 104 174,72 грн.  | 3 740 173,00 грн.  | 3 740 173,00 грн.  | 4 315 965,00 грн.  | 1 534 431,00 грн.  |                    |
| 6   | Постройка судна   | 23 мес | 47 950 944,00 грн. | 32 048 752,60 грн. | 30 209 085,00 грн. | 12 946 755,00 грн. | 4 795 094,00 грн.  | 4 795 094,00 грн.  |                    |
| 5   | Финансирование    | 23 мес | 57 541 133,00 грн. | 38 152 927,32 грн. | 33 949 260,00 грн. | 17 262 340,00 грн. | 6 329 525,00 грн.  | 6 329 525,00 грн.  |                    |
| 5   | Заказ 09136       | 29 мес | 15 802 821,00 грн. | 9 396 249,40 грн.  | 3 605 640,00 грн.  | 2 528 452,00 грн.  | 7 901 410,00 грн.  | 5 372 959,00 грн.  |                    |
| 6   | Постройка судна   | 29 мес | 79 014 100,00 грн. | 48 938 048,01 грн. | 34 134 052,00 грн. | 37 926 768,00 грн. | 22 756 051,00 грн. | 17 383 102,00 грн. |                    |
| 5   | Финансирование    | 29 мес | 94 816 921,00 грн. | 58 335 298,41 грн. | 31 605 640,00 грн. | 30 025 358,00 грн. | 17 383 102,00 грн. | 17 383 102,00 грн. |                    |
| 5   | Заказ 09137       | 38 мес | 15 127 562,00 грн. | 7 403 424,36 грн.  | 34 134 052,00 грн. | 34 134 052,00 грн. | 37 926 768,00 грн. | 22 756 051,00 грн. |                    |
| 6   | Постройка судна   | 25 мес | 75 637 816,00 грн. | 45 038 334,06 грн. | 16 035 216,00 грн. | 16 035 216,00 грн. | 2 117 659,00 грн.  | 2 117 659,00 грн.  |                    |
| 5   | Финансирование    | 25 мес | 90 765 378,00 грн. | 52 441 758,42 грн. | 7 563 762,00 грн.  | 48 406 202,00 грн. | 19 665 832,00 грн. | 19 665 832,00 грн. |                    |
| 7   | Заказ 09138       | 17 мес | 9 603 607,00 грн.  | 0,00 грн.          | 0,00 грн.          | 0,00 грн.          | 64 443 418,00 грн. | 21 783 691,00 грн. | 4 538 263,00 грн.  |
| 6   | Постройка судна   | 17 мес | 48 618 037,00 грн. | 0,00 грн.          | 0,00 грн.          | 0,00 грн.          | 3 073 154,00 грн.  | 6 530 453,00 грн.  | 6 530 453,00 грн.  |
| 4   | Финансирование за | 17 мес | 57 621 644,00 грн. | 0,00 грн.          | 0,00 грн.          | 0,00 грн.          | 29 771 163,00 грн. | 18 246 854,00 грн. | 18 246 854,00 грн. |
| 6   | Накладные расходы | 60 мес | -3 831 720,00 грн. | -2 396 488,75 грн. | -766 344,00 грн.   | -766 344,00 грн.   | -766 344,00 грн.   | -766 344,00 грн.   | -766 344,00 грн.   |

Рис. 3. Пример формирования оптимального портфеля проектов судостроительного предприятия

траты в  $t$ -м периоде  $j$ -й работы  $i$ -го проекта;  $f c_t$  — постоянные затраты судостроительного предприятия в  $t$ -м периоде;  $v_l$  — стоимость (норма доходности)  $l$ -го источника финансирования;  $pp_i$  — признак включения  $i$ -го проекта в портфель судостроительного предприятия;  $t = 1, \dots, d$  ( $d$  — время, необходимое на реализацию всех проектов портфеля);  $j = 1, \dots, m$  ( $m$  — количество работ  $i$ -го проекта);  $i = 1, \dots, n$  ( $n$  — общее количество проектов портфеля);  $l = 1, \dots, q$  ( $q$  — общее количество источников финансирования).

На рис. 3 приведен пример расчета оптимального состава проектов для судостроительного предприятия на период с 2008 по 2012 год, выполненный с помощью программы MS Project.

Расчеты показали, что заказ 09138 целесообразно включать в портфель проектов предприятия. Это обусловлено ограниченными ресурсными возможностями судостроительного предприятия в разрезе технологического оборудования, основного производственного персонала и денежных средств, необходимых для финансирования строительства. При оптимизации также учитывалась невозможность исключения из портфеля уже строящихся судов и ограничения по структуре собственного и заемного капитала.

Повышение эффективности сельскохозяйственного производства также требует интеграции научной и производственной составляющих. Обследование функционирования передовых сельскохозяйственных предприятий Украины (сельхозработы и сельхозпереработка) позволило на примере предприятия, выращивающего и перерабатывающего томаты, выявить проблемы планирования и предложить концепцию их решения.

В простейшем случае планирования возможно применение методов, ориентированных на получение максимального урожая и состоящих в выборе сорта томатов с наибольшей урожайностью и высадкой в наиболее оптимальные для выбранного сорта сроки. Естественно, что при этом оказываются достаточно сжатыми во времени как сроки высадки, так и сроки созревания, а это значит, что для уборки и переработки урожая потребуются значительные мощности, ко-

торые будут задействованы на протяжении короткого промежутка времени.

Применение подобных методов планирования также не обеспечивает равномерное во времени распределение объемов урожая — как следствие неравенства площадей полей и несовпадения сроков высадки (определяемых качеством почвы, наклоном к солнцу и географическим размещением), что неизбежно приводило к нерациональному использованию производственных мощностей и значительным потерям в процессе уборки и переработки урожая. На рис. 4 представлены результаты применения указанного метода при планировании высадки для 12 полей (относительная неравномерность распределения урожая — 20 %).

При этом существенной проблемой методов планирования, ориентированных на получение максимального урожая, является сложность согласования достаточно коротких, оптимальных по агротехническим показателям сроков сева с возможностью получения равномерно распределенного в как можно более протяженном периоде времени урожая. Одним из путей решения данной проблемы может быть применение различных по срокам высадки и времени вызревания сортов. Однако так как в простейшем случае планирование проводилось путем выбора сортов с наибольшей урожайностью, то применение различных по срокам созревания сортов хотя и позволит получить продолжительное и возможно более равномерное во времени распределение урожая, но при этом приведет и к его уменьшению. Таким образом, задача составления оптимального плана высадки и подбора сортов может быть сведена к задаче многокритериальной нелинейной оптимизации.

С целью разрешения указанной проблемы была предложена концепция проекта «интеллектуальное поле», включающая в себя:

формирование оптимального плана проведения сельхозработ и его корректировку с учетом прогноза погоды, подбор сортов томатов с использованием методов нелинейной оптимизации [4];

моделирование процесса роста овощей, определение необходимости проведения и со-

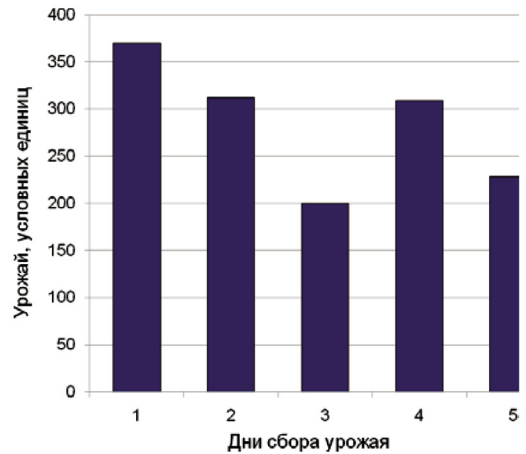


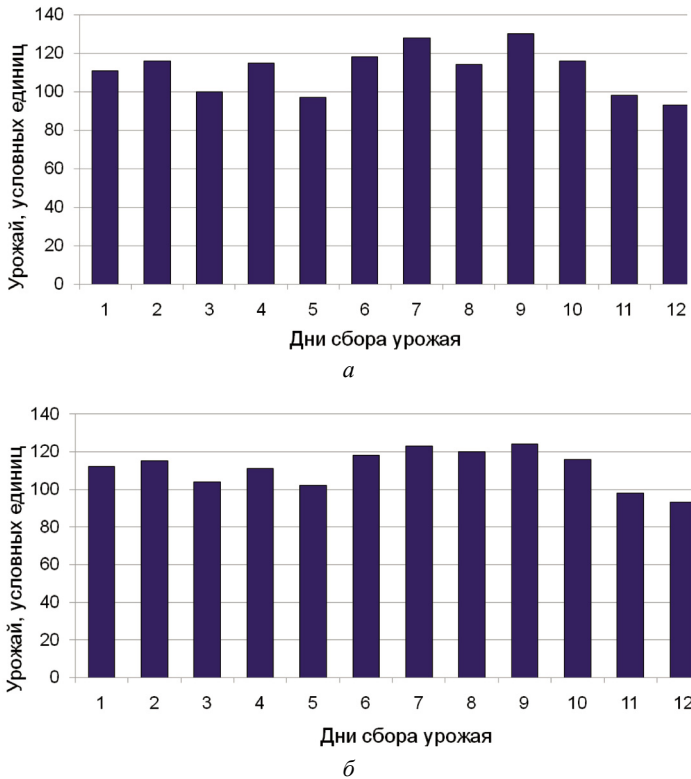
Рис. 4. Распределение урожая по дням уборки для плана, ориентированного на получение максимального урожая

става агротехнических мероприятий с учетом сложившихся погодных условий средствами искусственных нейронных сетей [14].

Результаты применения предложенных в концепции «интеллектуальное поле» методов формирования оптимального плана позволяют добиться более рационального использования ресурсов. На рис. 5, а приведены результаты планирования для тех же 12 полей без учета возможности досрочной уборки (относительная неравномерность — 7,3%), на рис. 5, б — с возможностью досрочного, за один день до момента оптимальной зрелости, начала уборки (относительная неравномерность — 5,5%).

## ВЫВОДЫ

1. Установлено, что реализация инновационных проектов должна осуществляться в эффективном правовом поле с использованием соответствующих методов, моделей и информационных технологий, обеспечивающих интеграцию научной и производственной составляющих наукоемкого предприятия.
2. Использование полученных в работе результатов в виде алгоритмического, методического и программного обеспечения применительно к созданию и функционированию научно-производственного комплекса газотурбостроения (НПКГ) «Зоря»– «Машпроект» позволило за счет интеграции научной и производственной составляющих



**Рис. 5.** Распределение урожая по дням уборки для оптимизированного плана:

*а* — «без заема»; *б* — «с однодневным заемом»

добиться сокращения длительности жизненного цикла наукоемкого изделия, а также повышения уровня качества. 3. Предложена математическая модель формирования оптимального портфеля заказов верфи, обеспечивающая рациональное использование ресурсов с учетом их ограниченности, на основе которой разработано алгоритмическое обеспечение и программные средства прошли апробирование и внедрены на судостроительном заводе «Вадан Шипардс Океан». 4. Разработанные математические модели, методы и программные средства планирования процессов получения урожая,

учитывающие внутренние (посевной материал, поля, сроки высадки, полив, сроки уборки и т. п.) и внешние (температурные режимы, осадки и т. п.) факторы, внедрены на сельскохозяйственном предприятии ООО «Агрофьюжн», что позволило повысить ритмичность работы, снизить удельные затраты и увеличить выпуск продукции.

Дальнейшие исследования будут проводиться в направлении углубления интеграции научной и производственной составляющих наукоемких производств и расширения областей применения разработанных моделей и алгоритмического обеспечения.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Баркалов, С. А. Математические основы управления проектами [Текст] : учеб. пособие / С. А. Баркалов, В. И. Воропаев, Г. И. Секлетов [и др.] ; под ред. В. Н. Буркова. — М. : Высш. школа, 2005. — 423 с.
- [2] Бендиков, М. А. Интеллектуальный капитал развивающейся фирмы: проблемы идентификации и измерения [Текст] / М. А. Бендиков, Е. В. Джамай // Менеджмент в России и за рубежом. — 2001. — № 4. — С. 6–99.



- [3] *Бурков, В. Н.* Теория активных систем: состояние и перспективы [Текст] / В. Н. Бурков, Д. А. Новиков. — М. : СИНТЕГ, 1999. — 128 с.
- [4] *Васильев, Ф. П.* Численные методы решения экстремальных задач [Текст] : учеб. пособие / Ф. П. Васильев. — М. : Наука, 1988. — 552 с.
- [5] *Возный, А. М.* Модели, методы и алгоритмическое обеспечение проектов и программ развития наукоемких производств [Текст] : монография / А. М. Возный, В. В. Драгомиров, А. Я. Казарезов, К. В. Кошкин [и др.]. — Николаев : НУК, 2009. — 194 с.
- [6] *Гончар, А.* Коммерциализация украинского интеллекта [Текст] / А. Гончар // Діловий вісник. — 2003. — № 3. — С. 53–55.
- [7] *Ефімова, Н. В.* Фактори ризику регіональних інвестицій. Методика ранжування регіонів за ступенем ризику інвестиційної діяльності [Текст] / Н. В. Ефімова, О. В. Пащенко // Вісник Хмельницьк. нац. ун-ту. — Хмельницький : ХНУ, 2005. — Т. 3 (71), № 4.2. — С. 99–101.
- [8] *Кошкин, К. В.* Управление портфелями проектов конкурентоспособного судостроительного предприятия [Текст] / К. В. Кошкин, А. М. Возный, А. Н. Шамрай // Управління проектами та розвиток виробництва : зб. наук. пр. — Луганск, 2008. — № 2 (26). — С. 138–142.
- [9] *Павлов, А. А.* Математические основы управления проектами наукоемких производств [Текст] : монография / А. А. Павлов, С. К. Чернов, К. В. Кошкин, Е. Б. Мисюра. — Николаев : НУК, 2006. — 208 с.
- [10] *Пащенко, О. В.* Особливості інвестиційного клімату суднобудування України та перспективи його покращення [Текст] / О. В. Пащенко, Н. В. Марушак // Зб. наук. праць Одес. нац. морського ун-ту. — О. : ОНМУ, 2007. — Т. 6. — С. 56–60.
- [11] Перспективы развития мирового рынка высоких технологий [Текст] // Белорус. журн. междунар. права и междунар. отношений. — 2002. — С. 49–51.
- [12] *Рижков, С. С.* Інноваційні технології проектування та побудови суден і засобів океанотехніки [Текст] : монографія / С. С. Рижков, В. С. Блінцов, В. Ф. Квасницький, К. В. Кошкін [та ін.]. — Миколаїв : НУК, 2009. — 356 с.
- [13] *Романчук, Н. П.* Методические основы управления сложными проектами структуризации в судостроении [Текст] : монография / Н. П. Романчук, А. С. Рашковский, К. В. Кошкин. — Николаев : НУК, 2004. — 124 с.
- [14] *Рутковская, Д.* Нейронные сети, генетические алгоритмы и нечеткие системы [Текст] / Д. Рутковская, М. Пименский, Л. Рутковский. — М. : Горячая линия–Телеком, 2006. — 383 с.
- [15] Украина: панорама судостроения [Текст] // Судостроение. — 2006. — № 5. — С. 24–26.
- [16] *Черненко, Р.* Судостроение Украины: десять лет самостоятельного развития [Текст] / Р. Черненко // Судостроение. — 2001. — № 6. — С. 63–66.