

УДК 330.322.16:629.78

UDC 330.322.16:629.78

08.00.00 Экономические науки

08.00.00 Economic sciences

**ПОСЛЕДСТВИЯ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ДЛЯ  
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОГО И  
ЭКОНОМИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ****CONSEQUENCES OF DECISIONS FOR  
SCIENCE-TECHNOLOGY AND ECONOMIC  
DEVELOPMENT**

Орлов Александр Иванович  
д.э.н., д.т.н., к.ф.-м.н., профессор  
РИНЦ SPIN-код: 4342-4994

*Московский государственный технический  
университет им. Н.Э. Баумана, Россия, 105005,  
Москва, 2-я Бауманская ул., 5, [prof-orlov@mail.ru](mailto:prof-orlov@mail.ru)*

Orlov Alexander Ivanovich  
Dr.Sci.Econ., Dr.Sci.Tech., Cand.Phys-Math.Sci.,  
professor  
*Bauman Moscow State Technical University,  
Moscow, Russia*

Конкретные факты, приведенные в настоящей статье, демонстрируют большое значение в современном мире стратегического менеджмента, методов управления инновациями и инвестициями и роль теории принятия решений в этих экономических дисциплинах. Проведен ретроспективный анализ развития исследований по ядерной физике. Для развития фундаментальной и прикладной науки во второй половине XX в. весьма большое значение имели два события: решение президента США Рузвельта о развертывании атомного проекта (принятое в ответ на письмо Эйнштейна) и совпадение по времени момента завершения разработки и момента окончания Второй мировой войны. Ядерная бомбардировка Хиросимы и Нагасаки определила развитие ситуации в научно-технической сфере на всю вторую половину XX в. Впервые за всю мировую историю руководители ведущих стран наглядно убедились в том, что фундаментальные научные исследования способны принести большую прикладную пользу (с точки зрения руководителей стран). А именно, дать принципиально новое сверхмощное оружие. Следствием явилась широкая организационная и финансовая поддержка фундаментальных и вытекающих из них прикладных научных исследований. Проанализировано влияние фундаментальной и прикладной науки на развитие и эффективное использование новой техники и технического прогресса. Рассмотрено развитие математических методов исследования и информационных технологий, в частности, миф об "искусственном интеллекте"

The real facts presented in this article, demonstrate the great importance in today's world of strategic management, methods of analyses of innovations and investments and the role of the theory of decision-making in these economic disciplines. We have given the retrospective analysis of the development of nuclear physics research. For the development of fundamental and applied science in the second half of the twentieth century, we had a very great importance of the two events: the decision of US President Roosevelt to deploy nuclear program (adopted in response to a letter from Einstein) and the coincidence in time between the completion of the construction of nuclear bomb and the end of World War II. The nuclear bombing of Hiroshima and Nagasaki has determined the developments in science and technology for the entire second half of the twentieth century. For the first time in the entire history of the world the leaders of the leading countries clearly seen that fundamental research can bring great practical benefit (from the point of view of the leaders of countries). Namely, they can give the brand new super-powerful weapon. The consequence was a broad organizational and financial support of fundamental and deriving from them applied research. Is analyzed the influence of fundamental and applied research on the development and effective use of new technology and technical progress. We consider the development of mathematical methods of research and information technology, in particular, the myth of "artificial intelligence"

Ключевые слова: НАУКА, ТЕХНИКА, ЭКОНОМИКА, РАЗВИТИЕ, УПРАВЛЕНИЕ, ФУНДАМЕНТАЛЬНАЯ НАУКА, ПРИКЛАДНАЯ НАУКА, ПРИНЯТИЕ РЕШЕНИЙ, ЭКСПЕРТНЫЕ ОЦЕНКИ, МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ, ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ, ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ

Keywords: SCIENCE, TECHNICS, ECONOMICS, DEVELOPMENT, MANAGEMENT, FUNDAMENTAL SCIENCE, APPLIED SCIENCE, DECISION MAKING, EXPERT ESTIMATES, MATHEMATICAL RESEARCH METHODS, INFORMATION TECHNOLOGY, ARTIFICIAL INTELLIGENCE

## **1. Введение**

Большинства принимаемых руководителями (менеджерами) и всеми нами решений оказывает лишь незначительное влияние на развитие событий. Через несколько дней или лет об этих решениях уже никто не вспоминает. Тем более интересно обсудить конкретное решение менеджера, которое вначале казалось столь же рядовым, как и многие иные его решения. Однако впоследствии выяснилось истинное значение этого решения, во многом определившего развитие человечества в целом во второй половине XX в. и в XXI в. Речь идет о решении президента США Рузвельта, положившем начало американскому атомному проекту. Конкретные факты, приведенные в настоящей статье, демонстрируют большое значение в современном мире стратегического менеджмента, методов управления инновациями и инвестициями и роль теории принятия решений в этих экономических дисциплинах.

## **2. Ретроспективный анализ развития фундаментальных и прикладных исследований по ядерной физике**

Анализ целесообразно начать с событий более чем столетней давности - с открытия радиоактивности. Это открытие, несомненно, надо считать результатом фундаментальных научных исследований. Отметим, что меры безопасности исследователи не предпринимали, и некоторый вред здоровью первооткрывателей был нанесен. Впрочем, нельзя сказать, что работа с радиоактивными веществами привела к значительному сокращению продолжительности их жизни. Более того, в первой половине XX в. существовало мнение о стимулирующем (т.е. полезном!) воздействии слабого радиоактивного облучения.

В течение нескольких десятков лет ядерная физика развивалась в рамках фундаментальной науки. Еще в середине 1930-х годов один из

наиболее выдающихся деятелей в этой области - Резерфорд - считал, что практических применений в ближайшие десятилетия ядерная физика не получит. Как теперь мы знаем, он оказался не прав. Однако ошибка Резерфорда связана с действиями конкретного лица или небольшой группы лиц. Речь идет об известном письме Эйнштейна президенту США Рузвельту. Это письмо послужило толчком к началу работ по созданию атомного оружия в США.

Как оценить факт начала этих работ - как историческую закономерность или как историческую случайность? На наш взгляд, здесь велика роль случая. Другими словами, проявилась роль личности в истории (личности Эйнштейна и личности Рузвельта).

Рассмотрим возможные сценарии развития событий. Действительно, Эйнштейн мог, например, ранее погибнуть в автокатастрофе. Хотя закономерно, что в США оказалось много эмигрантов-физиков из стран фашистской коалиции, но при отсутствии столь авторитетного и известного широким кругам лидера, как Эйнштейн, их попытки привлечь внимание правительства США к атомной проблеме вряд ли привели бы к успеху. Президентом США вместо Рузвельта мог быть иной человек, который не поддержал бы инициативу Эйнштейна. Письмо могло попросту не попасть в руки президента США, как и бывает с подавляющим большинством подобных обращений. Да и сам известный всем нам президент Рузвельт вполне мог поступить с письмом Эйнштейна более стандартным образом, например, направить его на изучение в Министерство обороны США, после чего началась бы долгая серия отзывов и обсуждений. Результатом было бы, скорее всего, выделение сравнительно незначительных средств на предварительные научно-исследовательские работы.

Что было бы, если бы не было положительного решения Рузвельта в ответ на письмо Эйнштейна? Очевидно, атомная бомба не была бы создана в США к 1945 г. Как известно, в Германии ее не успели закончить. Работы в СССР, стимулированные германскими разработками (возможно, и маломощными - в рассматриваемом сценарии - американскими), также были бы весьма далеки от завершения.

Что можно предположить о гипотетическом послевоенном развитии? Скорее всего, и СССР, и США сосредоточились бы на послевоенных проблемах. Речь идет о восстановлении народного хозяйства (для СССР), о перемене военной ориентации народного хозяйства на мирную, о трудоустройстве демобилизованных военнослужащих (большая проблема для США), и т.д. В условиях послевоенной перестройки и СССР, и США, скорее всего, прекратили бы дорогостоящие ядерные исследования. Это означает, что разработка ядерного оружия (атомного, водородного, нейтронного и др.), средств доставки, атомных электростанций и т.п. отодвинулось бы далеко в будущее.

Имелись бы и более глобальные последствия. Атомные бомбардировки Хиросимы и Нагасаки в 1945 г. наглядно продемонстрировали прикладное значение фундаментальной науки. После этого во всем мире началось активное вложение средств в фундаментальную и прикладную науку и бурный рост организаций, занимающихся НИОКР. В СССР в науке и научном обслуживании в 1930-х годах работало около 100 тыс. человек, а к концу 1980-х годов - порядка 5000 тыс. человек (рост в 50 раз). Процесс бурного развития сектора народного хозяйства "наука и научное обслуживание" рассмотрен, например, в работе [1].

Если бы не было атомных бомбардировок Хиросимы и Нагасаки в 1945 г. - на наш взгляд, не было бы и подобного взрывного роста науки. Можно предположить, что более гармонично продолжалась бы линия предыдущих десятилетий XX в., с приоритетом инженерной деятельности над чисто исследовательской. Или, скажем так, исследовательская работа рассматривалась бы в общественном мнении как часть инженерной деятельности.

Рассмотрим теперь сценарии, в которых Рузвельт, как это и было в действительности, активно поддержал предложение Эйнштейна. Самым интересным в хронологии атомного проекта было совпадение по времени момента завершения разработки и момента окончания Второй мировой войны.

Действительно, рассмотрим два альтернативных сценария - более раннего окончания разработки или более позднего.

Предположим, атомная бомба была бы сделана в США в 1944 г. Скорее всего, ее использовали бы против Германии, поскольку американская армия несла достаточно ощутимые потери с борьбой с Гитлером (всего погибло около 600 тыс. американцев). Однако по сравнению с обычным вооружением (напомним о бомбардировке Дрездена) несколько американских атомных бомб вряд ли существенно приблизили бы конец войны. Вместе с тем анализ результатов применения атомного оружия мог бы в дальнейшем привести к его запрещению.

Использование атомного оружия в 1944 г. против Японии также не привело бы к существенному изменению в ходе войны - Япония была еще достаточно сильна, чтобы несколько атомных взрывов могли повлиять на ее боеспособность.

Судьба ядерного оружия в сценарии использования его в боевых действиях в 1944 г. могла бы напоминать судьбу химического оружия

после применения в Первой мировой войне. Хотя до сих пор на нашей планете хранятся десятки тысяч тонн боевых отравляющих веществ, но после Первой мировой войны оно всегда находилось "на заднем плане" как официально запрещенное к использованию, а его появление отнюдь не привело к вспышке интереса к химии и к науке в целом.

Второй сценарий - война закончилась, а бомба не готова. В этом случае наиболее вероятным представляется прекращение или существенное снижение интенсивности работ. Коротко говоря, можно было бы ожидать примерно того же развития событий, что и при отказе от атомного проекта (см. выше).

Итак, для развития фундаментальной и прикладной науки во второй половине XX в. весьма большое значение имели два события: решение президента США Рузвельта о развертывании атомного проекта, (принятое в ответ на письмо Эйнштейна) и совпадение по времени момента завершения разработки и момента окончания Второй мировой войны. Это совпадение позволило продемонстрировать деятелям правящих верхушек всех основных стран мощь фундаментальной науки. Причем в тот момент, когда эти деятели "освободились от текучки" Второй мировой войны и стали думать о будущем.

Первое из этих событий, как показано выше, определялось в основном субъективными факторами, а не объективными. Второе - совпадение двух событий на практически независимых линиях развития - нельзя не назвать исторической случайностью. Таким образом, судьба научно-технического развития в XX в. определилась осуществлением весьма маловероятного события.

### **3. О развитии науки и техники во второй половине XX века**

Как показано выше, ядерная бомбардировка Хиросимы и Нагасаки определила развитие ситуации в научно-технической сфере на всю

вторую половину XX в. Впервые за всю мировую историю руководители ведущих стран наглядно убедились в том, что фундаментальные научные исследования способны принести большую прикладную пользу (с точки зрения руководителей стран). А именно, дать принципиально новое сверхмощное оружие. Следствием явилась широкая организационная и финансовая поддержка фундаментальных и вытекающих из них прикладных научных исследований.

За мнением руководства последовало и общественное мнение. В 1960-е годы в СССР наиболее популярной профессией среди молодежи была профессия физика. В результате перекоса в сторону фундаментальных исследований, причем именно в сфере точных наук, пострадали весьма важные области. Прежде всего надо назвать инженерное дело (в том числе ОКР - опытно-конструкторские разработки). В 1930-е годы профессия авиаконструктора ценилась в общественном мнении заметно выше, чем профессия физика. В результате рассматриваемого перекоса итогом работы часто стало считаться, несколько огрубляя, не новое техническое изделие, а новый фундаментальный результат (оформленный, например, в виде статьи в журнале, содержащей новую формулу). В дальнейшем лица, занимающиеся теми или иными областями фундаментальной науки, в частности, математики, стали считать неприличными вопросы типа: "Для решения каких конкретных прикладных задач могут использоваться Ваши научные результаты?" Подобный подход, конечно, полностью противоречит классическим взглядам на науку, например, взглядам великого французского математика А. Пуанкаре [2], для которого характерно совместное рассмотрение вопросов математики и физики.

Обратим внимание на то, что для многих областей фундаментальной науки имеется возможность практически бесконечного саморазвития, т.е. последовательного решения все новых

задач, возникающих внутри этой области, без обращения к проблемам внешнего мира. Поэтому для работы в фундаментальной науке можно пригласить сколько угодно сотрудников (с соответствующей подготовкой и способностями). Согласно популярной среди математиков легенде академик А.И. Мальцев любил говорить, что ему нетрудно составить программу работ по алгебре, для выполнения которой понадобится привлечь население всего Земного шара в течение 100 лет. Уйти в саморазвитие для области фундаментальной науки естественно. Однако получит ли общество в итоге пользу от таких исследований? С одной стороны, история ядерной физики показывает, что иногда польза (с точки зрения руководителей стран) может быть. С другой стороны, можно и усомниться в том, что исследования, связь которых с практикой не просматривается, когда-либо приведут к полезным результатам. По нашему мнению, большая часть математических исследований второй половины XX в. вряд ли когда-либо будет востребована техническими, экономическими и иными прикладными разработками.

Второй перекоп - это перекоп в сторону точных и естественных наук в ущерб наукам о человеке и обществе. Сейчас можно только поражаться тому, как внезапно очутившиеся на арене общественного внимания физики и, например, хирурги без тени сомнения сообщали широким массам крайне сомнительные утверждения, явно не относящиеся к сфере их профессиональных знаний. Не менее поразительно полное доверие слушателей и читателей тех лет к подобным выступлениям.

Если фундаментальная наука развивалась в основном централизованно, в академических НИИ, то отдельные министерства и ведомства отдавали дань моде путем создания и развития разнообразных прикладных научно-исследовательских институтов. Некоторые из них



занимались в основном инженерной деятельностью, хотя их работники и именовались научными сотрудниками. Другие ведомственные научно-исследовательские институты фактически выполняли часть работы чиновников соответствующих ведомств - министерств и госкомитетов.

Как уже говорилось, по числу занятых сектор народного хозяйства "наука и научное обслуживание" с довоенных времен вырос к концу 1980-х годов примерно в 50 раз. Столь быстрый рост, очевидно, не мог не сопровождаться падением качества работников. В 1980-х годах для любого беспристрастного наблюдателя было очевидно, что научные учреждения засорены большим числом лиц, занимающихся имитацией научной работы. При этом вполне ясно, что ситуация существенно менялась от одного НИИ к другому: в одном балласт мог составлять 10%, в другом - 90%. Поясним, как можно имитировать научную работу. В фундаментальной науке истинная ценность полученных результатов выявляется лишь через много лет. В случае ядерной физики от открытия радиоактивности до создания атомной бомбы прошло более сорока лет. Текущие формы фиксации научных результатов - отчеты по научно-исследовательским работам, статьи в научных журналах и сборниках, тезисы докладов на конференциях - могут содержать как итоги долгого трудного научного поиска, так и быть несколько переработанной компиляцией ранее полученных научных результатов. Отметим, что работы второго типа, прежде всего обзоры, могут быть не менее интересными и полезными для читателей (пользователей), чем первого.

Очевидно, что экспоненциальный рост численности научных кадров не мог продолжаться безгранично. Об этом еще в 1960-х годах писали специалисты по наукометрии (см., например, [3]). В России рост сменился падением в начале 1990-х годов (см. табл. 1 из работы [4]). Это падение численности работников науки связано с общим экономическим кризисом 1990-х годов. Однако и в иных условиях, в частности, при

отсутствии «реформ», динамика развития науки должна была измениться. Точно так же, как экономическая динамика должна в XXI в. измениться в связи с исчерпанием (ограниченностью) природных ресурсов Земли.

**Таблица 1. Численность работников, выполняющих исследования и разработки в России (на конец года; тыс. чел.).**

| Год  | Всего  | Исследователи<br>и техники | Доктора<br>наук | Кандидаты<br>наук |
|------|--------|----------------------------|-----------------|-------------------|
| 1990 | 1943,4 | 1227,4                     | 15,7            | 128,5             |
| 1991 | 1677,8 | 1079,1                     | 16,3            | 119,2             |
| 1992 | 1532,6 | 984,7                      | 17,8            | 114,3             |
| 1993 | 1315,0 | 778,8                      | 18,3            | 105,2             |
| 1994 | 1106,3 | 640,8                      | 18,2            | 98,1              |

По данным, приведенным в работе [4], численность работников научных организаций за 4 года - с 1990 г. по 1994 г. - сократилась на 43,1%, при этом численность специалистов, выполняющих исследования и разработки сократилась на 47,8%, т.е. почти вдвое. Численность кандидатов наук упала (на 23,7%), а количество докторов наук несколько выросло и затем стабилизировалось. В целом численность работников, выполняющих исследования и разработки, сокращалась ежегодно приблизительно на 16%, т.е. на 1/6.

Согласно [4], в 1994 г. из общей численности работников научных организаций 26,2% приходилось на государственный сектор, 5,1% - на сектор высшего образования и 68,7% - на "предпринимательский" сектор. При этом согласно классификации научных организаций, применяемой Госкомстатом РФ, к "предпринимательскому" сектору относятся научные организации, входящие в состав различных

акционерных обществ, концернов и т.д.; в недавнем прошлом - это в основном отраслевые научно-исследовательские институты.

Для интерпретации численных данных, приведенных в работе [4], надо отметить, что она рассчитана на основе соответствующей базы данных Госкомстата России. В этой базе данных учитывается только финансирование научных исследований, а не какие-либо научные результаты. Особенно это сказывается на описании вузовского сектора науки. Хорошо известно, что в вузах работает около половины докторов и кандидатов наук. Так, основной (штатный) профессорско-преподавательский персонал (на полной ставке) в 1992 г. включал 15706 докторов и 115334 кандидата наук (см. статистический сборник [5], табл. 2.16 на стр. 39). В то время как по данным [4] в том же году научные исследования и разработки выполняли 17,8 тыс. докторов и 114,3 тыс. кандидатов наук. Сравнение этих двух пар чисел в сопоставлении с нелепо малой долей в науке сектора высшего образования не может не вызвать недоумения. Однако все разрешается просто. Дело в том, что Госкомстат РФ (ныне Росстат) учитывал только штатный состав научных подразделений вузов. С точки зрения Госкомстата профессора и доценты научных исследований не ведут. Именно поэтому на вузовскую науку приходится "по Госкомстату" приходится 5,1%, т.е. примерно на порядок меньше, чем ее реальная доля в науке России. Отметим также, что общее число кандидатов и докторов наук в России примерно вдвое больше, чем следует из данных Госкомстата РФ (см., например, табл. 1). Из сказанного ясно, что данные Госкомстата требуют тщательного анализа перед их использованием для принятия решений.

В дальнейшие годы снижение численности работников сектора народного хозяйства "наука и научное обслуживание" продолжалось, хотя темпы несколько замедлились (см. табл. 2 из статистического

сборника [6], табл.2.12, стр.286). К концу 1998 г. в науке осталось лишь 40% исследователей и техников от той их численности, что была в конце 1990 г. - сокращение в 2,5 раза. При этом весь персонал, занятый исследованиями и разработками, к концу 1998 г. составил 45% от уровня конца 1990 г. - сокращение чуть меньшее, но примерно такое же.

**Таблица 2. Персонал, занятый исследованиями и разработками  
(на конец года; тыс. чел.).**

| Год  | Всего  | Исследователи и техники |
|------|--------|-------------------------|
| 1995 | 1061,0 | 620,1                   |
| 1996 | 990,7  | 572,6                   |
| 1997 | 934,6  | 535,4                   |
| 1998 | 880,3  | 492,4                   |

Сокращение численности персонала, занятого исследованиями и разработками - наиболее очевидный симптом ослабления (жестче - разрушения) отечественного научно-технического потенциала. Как мировой опыт, в том числе опыт США, так и опыт последних 10 лет в России, однозначно показывают, что фундаментальная и прикладная наука, научно-технический прогресс, в том числе и обеспечение промышленной безопасности, должны иметь, прежде всего, государственное финансирование. В соответствии с Федеральным Законом "О науке и научно-технической политике" на (гражданскую) науку должно выделяться не менее 4% расходной части бюджета РФ. Реальное финансирование с 2,23% в 1997 г. уменьшилось до 1,5% в 2002 г. [7]. Ассигнования на гражданскую науку упали с 1,0% федерального бюджета в 2007 г. до 0,7% в 2012 г. [8]. Таким образом, действующий Федеральный Закон из года в год не соблюдается, реальное финансирование в разы меньше, чем зафиксированное этим законом. В

зарубежных странах на финансирование науки выделяется значительно большая часть бюджета, до 10% расходной части бюджета [8].

#### **4. О некоторых направлениях фундаментальной и прикладной науки**

Проанализируем влияние фундаментальной и прикладной науки на развитие и эффективное использование новой техники и технического прогресса. Для этого кратко рассмотрим связь отдельных направлений фундаментальных и прикладных научных исследований и соответствующих сторон технического прогресса, включая появление не только новых технологий, но и новых отраслей промышленности. Обратим внимание, прежде всего, на нововведения (инновации), особенно те, что потребовали значительных инвестиций.

Даже самый первый взгляд на структуру промышленности позволяет выделить отрасли, порожденные научно-техническим прогрессом XX в. Это, прежде всего, возникшие во второй половине XX в. атомная промышленность (ядерные вооружения, атомные электростанции, надводные и подводные суда с атомными двигателями, предприятия, производящие все, что необходимо для атомных реакторов и ядерного оружия), ракетно-космическая промышленность (космические станции, гражданские и военные спутники и средства доставки), электронное машиностроение (производство и использование компьютеров, их систем и сетей, программного обеспечения).

Если взглянуть на более ранний период, то с первой половины XX в. авиационная промышленность, химия, электроэнергетика - это символ новой техники и технического прогресса. Каждая из этих отраслей промышленности была в свое время на острие прогресса. Рассмотрим, например, авиационную промышленность. В начале XX в. - пионерские попытки и первые рекорды. В Первую мировую войну уже действуют

авиационные подразделения. Между войнами авиационная промышленность, видимо, занимала наиболее престижное место среди всех отраслей промышленности (после Второй мировой войны ее потеснила ракетно-космическая промышленность). Авиаконструктор был самым престижным из инженеров. Химическая промышленность в СССР наиболее быстро развивалась, видимо, в 1960-е годы. Знаменитый план ГОЭЛРО дал мощный толчок советской электроэнергетике.

Если же разбираться в ситуации глубже, то практически каждая отрасль промышленности постоянно находится в развитии под влиянием фундаментальных и прикладных научных исследований и технического прогресса. Постоянно обновляются основные производственные фонды, внедряются новые технологические процессы, основанные на достижениях фундаментальной и прикладной науки. Например, внедрение лазерной техники для контроля качества в машиностроении поднимает уровень обеспечения качества на принципиально новую ступень. Отметим исследования по электричеству. В течение ряда столетий они служили примером типичных фундаментальных изысканий, ничего не дающих практике. Наконец, в первой половине XIX в. появился телеграф, принципиально изменивший ситуацию со связью - она стала практически мгновенной (разумеется, между точками, соединенными телеграфной линией). (Это была революция в управлении организациями, имеющими филиалы. Ранее каждый филиал должен был действовать во многом самостоятельно, поскольку для того, чтобы связаться с центром и получить ответ, требовалось много времени - дни, недели, а то и месяцы.) А во второй половине XIX в. были изобретены первые электрические лампочки, в корне изменившие как производство, так и быт XX в. (по сравнению с XIX в.).

Фундаментальные и прикладные научные исследования активно используются не только в промышленности, но и в сельском хозяйстве

(генная инженерия, микробиологические добавки и др.), в медицине (томографы и другая медицинская техника), при обучении (дистанционное образование, обучающие системы), на транспорте (компьютерные средства навигации, в частности, ГЛОНАСС), в индустрии развлечений (телевизоры и другие радиоэлектронные системы, диски CD-ROM), и т.д.

С развитием научно-технического прогресса и вводом в эксплуатацию сложных технических систем различных типов проявилась слабость человеческого звена в управлении такими системами. Например, скорости самолетов стали такими, что пилот истребителя не успевал реагировать на маневры своего противника, а наводчик зенитного орудия не успевал отслеживать маневры цели. Скорость реакции человека в человеко-машинных системах перестала быть адекватной. Точнее, появился "социальный заказ" на создание систем автоматического регулирования, действующих (полностью или частично) без вмешательства человека и замещающих ряд функций человека. Этот "заказ" стал весьма актуальным в середине XX в.

Сначала этот заказ был осмыслен в области теории, и соответствующие исследования появились в прикладной математике. В абстрактных терминах были поставлены соответствующие математические проблемы, разработаны подходы к их решению, предложены и изучены методы расчетов, доказаны соответствующие теоремы. В итоге - созданы конкретные методики постановки и решения задач автоматического регулирования.

Затем от прикладной математики работы перешли в область технических наук. При этом переходе абстрактные математические положения наполнялись конкретным техническим содержанием, связывались с деятельностью конкретных приборов. Они привели к появлению теории автоматического регулирования и соответствующих

технических устройств, которые без участия человека могут достаточно адекватно реагировать на внешние возмущения и воздействия, вносить изменения в поведение управляемой системы с целью достижения поставленной цели в изменившихся условиях.

Следующий шаг - разнообразные применения теории автоматического регулирования. Прежде всего назовем высокоточные следящие системы, избавляющие оператора ПВО (или иных служб, связанных со слежением за противником) от необходимости вручную отслеживать маневры цели. За человеком осталось самое важное - принятие решения по поводу цели. А именно, речь идет о выборе из спектра возможных решений - от пассивного отслеживания движения цели, ее идентификации (в частности, определения ее национальной принадлежности) и прогнозирования ее намерений до того или иного воздействия на цель - информационного, силового и др.

Принятие решений также может быть частично автоматизировано. После второй мировой войны стало развиваться научное направление под названием "Исследование операций", в котором разрабатываются подходы и методы принятия решений в сложных ситуациях. (Об этом научном направлении, для которого знаковыми являются термины "кибернетика", "системный анализ", "теория игр", "принятие решений", "экспертные оценки", речь пойдет отдельно.) На примере этого научного направления видим, что синтез фундаментальных и прикладных научных исследований является главной составляющей научно-технического прогресса, позволяющей с помощью передовых технологий создавать современные технические системы.

Теория автоматического регулирования является существенной частью информационного обеспечения современных систем нападения и защиты. Бортовой компьютер самолета на основе соответствующих математических моделей может самостоятельно принимать решения,



например, по выпуску помех. Преимуществом компьютера по сравнению с пилотом-человеком является быстрота принятия решения. Однако стратегические решения в системах нападения и защиты должен принимать человек. Иначе мы можем очутиться в ситуации, описанной в научной фантастике, например, у С. Лема, когда наделенные возможностями принимать решения системы нападения и защиты развиваются автономно, ведут борьбу друг с другом, а их создатели - с обеих сторон - не могут вмешаться в процесс противостояния даже тогда, когда это необходимо для обеспечения стратегической безопасности на основе договоров между государствами.

Системы автоматического управления, позволяющие корректировать движение системы, в частности, при наведении ее на цель, обеспечили возможность создания высокоточного оружия. Только наукоемкие технологии позволили создать высокоточное оружие, позволяющее поразить определенную точку (например, здание или движущийся объект), практически не затронув ее окружение.

Рассматриваемые технологии имеют также важные гражданские применения, в частности, в машиностроении. Так, они позволяют разрабатывать станки и технологические процессы, позволяющие с минимальными отходами выполнять изделия сложных профилей, оперативно реагировать на изменения свойств сырья, материалов и инструментов, в результате обеспечивать современный уровень качества изготовления.

Фундаментальные и прикладные исследования в области механики сплошных сред, в частности, в газодинамике, позволили создать принципиально новый для своего времени класс двигателей - турбореактивные двигатели. Они соединяют в себе достоинства ракетной техники, способной двигаться в безвоздушном пространстве, и

традиционных авиационных двигателей, использующих атмосферный воздух и входящий в его состав кислород.

О ракетно-космической технике как одном из наиболее ярких символов технического прогресса в XX в. необходимо сказать особо. До XX в. ракеты использовались лишь в фейерверках и в чисто теоретических разработках, из которых наибольшее чисто человеческое восхищение вызывает предсмертный проект члена Исполнительного Комитета партии "Народная Воля" Н.И. Кибальчича (1881). В начале XX в. ракеты заняли основное место в фантастических проектах межпланетных путешествий, разработанных К.Э. Циолковским. И с 1930-х годов начались планомерные работы по их созданию. Их можно рассматривать как типовой пример влияния фундаментальной и прикладной науки (механики, материаловедения, химии и др.) на развитие и эффективное использование новой техники и технического прогресса в оборонно-промышленном комплексе. Уже в период второй мировой войны ракеты использовались как средство доставки взрывчатых зарядов. В тот же период были созданы первые реактивные самолеты. Следующий шаг - баллистические ракеты, позволившие доставлять ядерные заряды в любую точку Земного шара. Они же обеспечили вывод на орбиту первого советского спутника Земли и первого советского космонавта. Эти успехи послужили для СССР мощным психологическим оружием, подорвав веру вероятного противника в превосходство своей экономической системы. В книгах американских экономистов 1960-х годов (например, в учебнике «Экономика» П. Самуэльсона [9]) постоянно обсуждалась мысль о том, что к концу XX в. по экономической мощи СССР сравнивается с США, и лишь случайные причины могут несколько оттянуть этот момент.

Впечатляющим примером влияния фундаментальной и прикладной науки на развитие и эффективное использование новой

техники и технического прогресса в оборонно-промышленном комплексе является создание нетрадиционного оружия - вакуумного (выжигается воздух в некотором объеме, и этот объем "схлопывается", уничтожая все живое, в нем находящееся), лазерного (газодинамические, магнитодинамические и т.д. квантовые генераторы, в литературной форме предсказанные А.Н. Толстым в виде "гиперболоида инженера Гарина"). На бытовом уровне примеры технического прогресса, связанные с появлением новой техники, дает радиоэлектроника. Первые варианты радиоприемников, телевизоров, компьютеров использовали электронные лампы - довольно объемные детали. В результате и сами изделия занимали достаточно большой объем. Принципиально новое продвижение было связано с миниатюризацией основных составляющих, т.е. с переходом к транзисторам, электронным платам, короче, чипам. В результате практически исчезли ограничения по использованию компьютеров в рамках любых иных приборов - их можно встроить не только в автомобиль или стиральную машину, но и в мобильный телефон и наручные часы, шариковую ручку и пуговицу. Ограничением является то, что компьютером пользуется человек, значит, информация с компьютера должна быть доступна его глазам, а ввод информации в компьютер должен быть возможен для его пальцев. Для повышения качества жизни большое значение имеет возможность создания компьютеров, позволяющих с помощью небольшого пульта управлять всей бытовой техникой в квартире, обеспечивать связь, в том числе международную. Компьютерные сети уже позволяют многим специалистам работать дома, а не в офисе.

## **5. Развитие математических методов исследования и информационных технологий**

На истории технического прогресса в области вычислительной техники остановимся подробнее. К началу 1940-х годов ситуация была такова. Инженеры применяли в основном логарифмические линейки, таблицы и номограммы. Финансовые работник использовали арифмометры и счеты. На машиносчетных станциях действовали примитивные полуавтоматические счетные устройства, которые позволяли подсчитать число карт, вытащенных набором шпиц из колоды (информация шифровалась отверстиями и сплошными прорезями на краях карт). Все перечисленные методы счета не позволяли быстро и безошибочно проводить обширные вычисления.

Первые ЭВМ, построенные в конце 1940-х годов в СССР и США, были, несомненно, принципиально новым шагом в технике вычислений, несмотря на то, что их вычислительные возможности была на много порядков ниже, чем у современных персональных компьютеров. Вплоть до 1970-х годов ЭВМ различных типов выглядели примерно одинаково - большие шкафы, занимающие целый зал. Между лицами, желающими решать задачи на ЭВМ (пользователями), и ЭВМ всегда стояли посредники - программисты. И вдруг все изменилось. Вместо зала компьютер устроился на столе, посредник исчез за ненадобностью. Как такое могло произойти? Это - результат технического прогресса в радиоэлектронике. Сам компьютер (материнская плата) теперь весьма мал по размерам. Новая техника (монитор и клавиатура) приспособлена к потребностям человека. Можно представить себе дальнейшее развитие, например, когда вместо монитора и клавиатуры будут использоваться гибкие плоские экраны на жидких кристаллах. Тогда компьютер может принять листа бумаги. Вопрос лишь в экономической целесообразности подобного развития.

Вслед за техническим прогрессом в области вычислительной техники изменились и функции компьютера. Если он был придуман для проведения научно-технических расчетов, то в настоящее время такая деятельность отнюдь не является доминирующей. Достаточно часто персональный компьютер используется как средство развлечения, для компьютерных игр, для просмотра фильмов, чтения файлов. Второе по частоте использование - составление и редактирование текстов, переписка. И лишь третье - расчеты, причем прежде всего - бухгалтерские. В настоящее время большое значение имеет всемирная сеть Интернет, по которой распространяется разнообразная информация, в том числе с помощью электронной почты. Взрывным образом развивается электронная коммерция через сеть Интернет (удвоение продаж каждые два года).

Большое место в фундаментальной и прикладной науке, а также в технических и технологических исследованиях занимает эксперимент. Во второй половине XX в. практическое значение приобрела математическая теория эксперимента (см., например, монографию известного пропагандиста этого научного направления в нашей стране проф. В.В. Налимова [10]). По нашему опыту, в химической и фармацевтической промышленности методы экстремального планирования эксперимента позволяют увеличить выход полезного продукта на 30 - 300%. Весьма полезными оказались различные варианты математического эксперимента, т.е. эксперимента на основе математических моделей реальных явлений и процессов, в том числе в стандартизации и управлении качеством продукции [7]. Современные информационные технологии сбора и анализа научно-технической информации - неотъемлемая составная часть современной фундаментальной и прикладной науки и инженерных разработок. Нельзя быть на уровне современных требований к наукоемкой

продукции без активного использования информации в сети Интернет. Однако при этом должна быть обеспечена эффективная защита собственной информации. Единственный надежный способ - не подключать компьютеры с информацией о собственных разработках к Интернету или иным сетям общего пользования, а выходить в эти сети только со специально выделенных компьютеров.

Общепризнано, что кардинальное ускорение научно-технического прогресса может быть достигнуто только на основе интенсивного использования математических моделей и математических методов исследования [11]. Разработка и использование разнообразных моделей практически во всех направлениях науки и техники - характерная черта XX в. [12]. Подчеркнем важность методологических исследований, которые зачастую определяют успех или неудачу следующих за ними более конкретных работ [13]. Ошеломляющий успех кибернетики в послевоенные годы определялся именно ее принципиально новыми методологическими установками [14].

В области вычислительной техники имеются и свои мифы. Один из них - "искусственный интеллект". Что такое "искусственный интеллект", на наш взгляд, никто не может обоснованно ответить. Все рассуждения на эту тему, как нам представляется, – способ выбить финансирование на компьютерные разработки, что само по себе отнюдь не преступление.

Суть дела в том, что не ясно, что такое "естественный интеллект", т.е. интеллект человека. Более или менее изучены лишь отдельные стороны человеческого интеллекта. Например, человек умеет считать. С этой узкой точки зрения калькулятор обладает искусственным интеллектом, причем гораздо более мощным, чем человеческий. Но почему-то не хочется называть калькулятор искусственным разумом.

Компьютер делает только то, что задано в программе. Конечно, программа может использовать датчик псевдослучайных чисел, но от этого компьютер не становится самостоятельным и разумным. Термины типа "обучение" в различных алгоритмах обозначают вполне определенные вычисления и обычно никакого отношения к реальным действиям конкретных людей не имеют. У программных систем цель действий задана извне, нет целеполагания. Действия человека начинаются с целеполагания.

"Искусственный интеллект" со временем меняет обличья. В 70-е годы много было разговоров про "самоорганизацию", в 80-е – про "экспертные системы", в 90-е - про "нейрокомпьютеры", в начале XXI о "генетические алгоритмы"... Стандартный набор действий в каждом из этих случаев таков: разработка "методологии", составление развернутых планов, развитие теории, проведение длительных расчетов на компьютерах, создание "первых версий систем", т.е. игрушек, – и пшик. Как правило, оказывалось, что классическими методами можно сделать больше и лучше. Но инициаторам новой тематики нужны деньги, надо убедить тех, кто деньги дает – и изобретается новый проект, требующий более мощных компьютеров и расширения штатов научных работников.

Говорят, в нашу страну идеи "искусственного интеллекта" завез М.В. Келдыш в конце 60-х годов. Будучи президентом Академии наук СССР, он поехал в США. Там ему объяснили, что надо заниматься "искусственным интеллектом", а, скажем, статистикой и эконометрикой не надо. Так он и сделал. Но в США организаторам науки действительно не надо было специально заниматься статистикой, поскольку более 150 лет там активно работает Американская статистическая ассоциация (более 20 тысяч членов). А у нас проблемы в статистике как были, так и остались, в то время как существенная часть квалифицированных специалистов была отвлечена на бесплодные проекты "искусственного

интеллекта". Не было у компьютеров интеллекта, и не будет, по крайней мере в ближайшие 100 лет. Это уже и фантасты поняли – сколько они писали о разумных роботах в середине XX в. и как притихли сейчас.

Хотя сами по себе современные компьютерные системы интеллектом не обладают, они способны усилить интеллект исследователя и аналитика. В частности, в сети Интернет содержится весьма много полезной информации, которая в настоящее время активно используется. Отметим, что это оказалось возможным благодаря использованию фундаментальных и прикладных научных исследований в оптике, приведших к созданию кабельных оптико-волоконных систем передачи информации. Именно оптико-волоконные кабели - основа Интернета. Они соединяют серверы - те "нервные узлы" сети, с которыми по обычным телефонным кабелям (через модемы) связываются пользователи Интернета. Оптико-волоконные кабели обеспечивают безошибочную передачу больших потоков информации, что было невозможно при использовании прежних систем связи.

Еще один пример технического прогресса - спутниковая связь. Кроме непосредственно связи, приема телепрограмм и т.п., эта система дает возможность точного определения своего положения на поверхности Земли. Через спутник могут передаваться указания о том, куда двигаться. Впрочем, если противник имеет возможность перехватывать сигналы, то пользоваться спутниковой связью нецелесообразно.

Прогресс в области общественных и гуманитарных наук порождает соответствующие возможности воздействия на противника. Например, часто говорят об информационном оружии. Речь идет не только об использовании разработок в области компьютерных наук, например, о создании и внедрении компьютерных вирусов, о защите своей информации и вскрытии чужой защиты. Обычно под



информационным оружием понимают изготовление и распространение информации с целью манипуляции сознанием, для того, чтобы вынудить противника к действиям, ведущим ему во вред. Близкий смысл вкладывают в термин "психологическое оружие", подчеркивая в этом термине упор на достижения психологии. Технический прогресс и новая техника существенно расширили возможности в рассматриваемой области. Если в период Второй мировой противник мог использовать в основном лишь листовки, радио, слухи, то теперь добавилось (спутниковое) телевидение, видеомагнитофоны, Интернет и др.

На развитие научно-технического прогресса влияют не только точные и естественные науки, но и такие, как экономика и менеджмент. Влияние роста науки об управлении людьми (менеджмента) очевидно. Она дает эффективные технологии управления, развивает оптимальные методы управления проектами, в том числе на основе теории активных систем. При управлении персоналом необходимо опираться на концепцию пирамиды потребностей и адекватные представления о мотивации сотрудников. При научно-техническом планировании в современных российских условиях нельзя не учитывать динамику цен и их обобщающего показателя - индекса инфляции. И т.д.

Эконометрические и статистические методы связаны как с математическими методами исследования, так и с экономикой и менеджментом. Они используются при прогнозировании научно-технического прогресса, особенно статистика нечисловых данных [15] и экспертные оценки [16]. Без современных статистических методов не обойтись при решении разнообразных задач стандартизации и управления качеством продукции [17]. На их основе строят имитационные эконометрические модели различных экономических систем с целью изучения, прогнозирования и оптимального управления [18]. В XX в. прикладная статистика прошла долгий путь развития [19 -

21], наглядно продемонстрировав большое практическое значение своих подходов, методов и результатов [22]. Подчеркнем, что внедрение современных статистических методов возможно только на основе интенсивного использования персональных компьютеров [23]. Однако наличием компьютеров не исчерпываются необходимые условия успешного применения современных эконометрических и статистических методов. Необходимы организационные условия и обученные кадры. В работе [24] была выдвинута программа развития этой сферы поддержки научно-технического прогресса. Программа опиралась на предполагавшуюся активную работу созданной в 1990 г. Всесоюзной статистической ассоциации и входящей в нее Секции статистических методов. Однако в связи с известными событиями в нашей стране эта программа не была реализована.

Нынешняя ситуация с эконометрическими и статистическими методами в нашей стране далека от приемлемой. В работе [25] приведены примеры государственных стандартов по статистическим методам управления качеством продукции, содержащим грубые ошибки, использовать которые недопустимо. Видимо, причина появления ошибок - низкая квалификация разработчиков. Перспективными областями применения эконометрических и статистических методов, а также системной нечеткой интервальной математики [26] по-прежнему являются управление качеством продукции и услуг и, в частности, статистический контроль; планирование экспериментов; экспертные оценки [16], прогнозирование, в том числе при работе в ситуационных комнатах. В настоящее время одно из наиболее перспективных применений эконометрики - в контроллинге [27].

Надо напомнить и про экономическое оружие, с помощью которого, например, можно вывести из строя ту или иную отрасль промышленности, выполняющую оборонные заказы. Понятно, что для

этого достаточно разорвать технологическую цепочку, предоставив контроль над хотя бы одним звеном этой цепочки хозяйствующему субъекту с зарубежным капиталом.

Теория и практика промышленной безопасности тесно связаны с экологией в целом и с экологической безопасностью в частности. Для решения задач обеспечения промышленной и экологической безопасности [28] используется теория анализа риска. В частности, разработан спектр количественных характеристик риска [29]. В этой теории применяются, в частности, методы эконометрики и экспертных оценок. Анализ различных подходов к использованию экспертных оценок показывает, что успешные применения этого раздела теории принятия решений должны опираться на соответствующее информационное обеспечение в виде автоматизированного рабочего места или иного программного продукта.

Ряду специалистов перспективным представляется экологическое оружие, основанное на воздействии на природную среду страны - противника. Сравнительно новой идеей является то, что воздействие нацелено не на жителей этой страны, а на ее природную среду.

Вернемся к вопросу об автоматизации процесса принятия решений. После Второй мировой войны "на ура" была встречена книга Н.Винера "Кибернетика", в которой этот вопрос упоминался. Правда, как потом выяснил академик АН СССР Н.Н. Моисеев, все основные идеи кибернетики высказал наш соотечественник А.А. Богданов двадцатью годами ранее. Но важно другое. Именно после Второй мировой войны началось мощное научно-прикладное движение, для которого определяющими являются термины "кибернетика", "системный анализ", "теория игр". В рамках этого движения стало развиваться научное направление под названием "Исследование операций", в котором разрабатываются подходы и методы принятия

решений в сложных ситуациях. Все перечисленные научные направления насыщены математикой. Традиционная схема изучения такова. Строится математическая модель явления или процесса. Затем полученный математический объект изучается чисто математическими методами. Многие специалисты так и не выходят за пределы математики, не считая нужным связывать полученные ими теоремы с фактами реальной жизни. Другие же завершают триаду, возвращаясь из математических высот на почву реальности и интерпретируя математические результаты в терминах реальных проблем.

Отметим важность методов математического моделирования. Часто эксперимент с математической моделью может заменить реальный эксперимент, который либо слишком дорог, либо невозможен по тем или иным причинам, например, этическим. Однако расчеты по математическим моделям могут быть достаточно трудоемкими, и вычислительных возможностей стандартных персональных компьютеров может не хватить. Для проведения математического моделирования иногда (но отнюдь не всегда) нужны суперкомпьютеры, например, такие, как машины серии "Эльбрус", разработанной в Институте прикладной математики РАН.

Выше были рассмотрены различные примеры того, как в результате развития фундаментальной и прикладной науки продвигался технический прогресс. Однако весьма важно, что все эти продвижения происходят отнюдь не независимо друг от друга. Они действуют вместе, они усиливают друг друга. Это очень хорошо видно на примере компьютерных наук (информационных технологий). Здесь и достижения радиоэлектроники, позволившие создать современный персональный компьютер. И оптики, благодаря которой мы имеем оптоволоконную основу Интернет. И кибернетики с исследованием операций, создавшей математическую основу систем поддержки принятия решений. И теорию

математического моделирования, позволяющую реальный эксперимент заменить компьютерным. Именно синтез всех этих столь различных направлений фундаментальных и прикладных научных исследований позволил получить столь мощный инструмент, как современный персональный компьютер.

Отметим активное развитие во второй половине XX в. самосознания науки (науковедения), т.е. исследования развития науки и научно-технического прогресса научными методами. В этом спектре работ есть и простое описание типа справочников [30]. И изучение статистическими методами, которые в данном контексте называются наукометрическими [3]. И фундаментальная наука о науке, использующая более или менее абстрактные модели типа экономико-математических [31], и социально-психологический анализ проблем научных коллективов и отдельных научных работников [32, 33], и прикладная наука о науке, дающая математический аппарат планирования научно-технических исследований [34]. Есть и размышления о науке в целом [2] и ее динамике в России [1].

На современном этапе создание современных технических систем проводится на основе информационно-коммуникационных технологий. Подготовка технических требований, разработка аванпроекта, технико-экономический анализ характеристик изделия, математическое моделирование процесса его использования, изготовление конструкторской и технологической документации, разработка инструкций для пользователей и т.п. - все это в соответствии с современными требованиями необходимо осуществлять на основе компьютерной техники.

Таким образом, синтез различных направлений фундаментальных и прикладных научных исследований является главной составляющей

научно-технического прогресса, позволяющей с помощью передовых технологий создавать современные технические системы.

### Литература

1. Хромов Г.С. Наука, которую мы теряем. - М.: Космосинформ, 1995. - 104 с.
2. Пуанкаре А. О науке. - М.: Наука, 1990. - 736 с.
3. Налимов В.В., Мульченко А.Б. Наукометрия. - М.: Наука, 1969. - 192 с.
4. Нечаева Е.Г. Кадры науки России // Наука и технология в России. 1996. №1 (17). С. 9-11.
5. Наука России: 1993. Статистический сборник.- М. ЦИСН, 1994. - 240 с.
6. Россия в цифрах: Краткий стат. сб. - М.: Госкомстат РФ, 1999. - 416 с.
7. Орлов А.И. Теория принятия решений. — М.: Экзамен, 2006. — 574 с.
8. Финансирование исследований и разработок в России: состояние, проблемы, перспективы / Под ред. Л.Э. Миндели, С.И. Черных и др. М.: Институт проблем развития науки РАН, 2013. - 300 с.
9. Самуэльсон П. Экономика. Тт.1,2. - М.: МГП "Алгон"-Внииси, 1992. - 333 с. + 415 с.
10. Налимов В.В. Теория эксперимента. - М.: Наука, 1971. - 208 с.
11. Гнеденко Б.В., Орлов А.И. Роль математических методов исследования в кардинальном ускорении научно-технического прогресса // Заводская лаборатория. Диагностика материалов. 1988. Т.54. № 1. С. 1-4.
12. Неуймин Я.Г. Модели в науке и технике. История, теория, практика. - Л.: Наука, 1984. - 190 с.
13. Орлов А.И. О методологии статистических методов // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2014. № 104. С. 53 – 80.
14. Винер Н. Кибернетика и общество. - М.: ИЛ, 1958. - 200 с.
15. Орлов А.И. О развитии статистики объектов нечисловой природы // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2013. № 93. С. 41-50.
16. Орлов А.И. Теория экспертных оценок в нашей стране // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2013. № 93. С. 1-11.
17. Кривцов В.С., Орлов А.И., Фомин В.Н. Современные статистические методы в стандартизации и управлении качеством продукции // Стандарты и качество. 1988. № 3. С. 32-36.
18. Нейлор Т. Машинные имитационные эксперименты с моделями экономических систем. - М.: Мир, 1975. - 500 с.
19. Орлов А.И. О развитии прикладной статистики // Современные проблемы кибернетики (прикладная статистика). - М.: Знание, 1981. С. 3-14.
20. Орлов А.И. Современная прикладная статистика // Заводская лаборатория. Диагностика материалов. 1998. Т.64. №3. С. 52-60.

21. Орлов А.И. Прикладная статистика. — М.: Экзамен, 2006. — 671 с.
22. Орлов А.И. Что дает прикладная статистика народному хозяйству? // Вестник статистики. 1986. № 8. С. 52–56.
23. Орлов А.И. Внедрение современных статистических методов с помощью персональных компьютеров // Качество и надежность изделий. № 5 (21). - М.: Знание, 1992. С. 51-78.
24. Орлов А.И. О современных проблемах внедрения прикладной статистики и других статистических методов. // Заводская лаборатория. Диагностика материалов. 1992. Т.58. №1. С. 67-74.
25. Орлов А.И. Сертификация и статистические методы (обобщающая статья). // Заводская лаборатория. Диагностика материалов. 1997. Т.63. №3. С. 55-62.
26. Орлов А.И., Луценко Е.В. Системная нечеткая интервальная математика. Монография (научное издание). – Краснодар, КубГАУ. 2014. – 600 с.
27. Орлов А.И., Луценко Е.В., Лойко В.И. Перспективные математические и инструментальные методы контроллинга. Под научной ред. проф. С.Г. Фалько. Монография (научное издание). – Краснодар, КубГАУ. 2015. – 600 с.
28. Орлов А.И. Проблемы управления экологической безопасностью. Итоги двадцати лет научных исследований и преподавания. – Saarbrücken: Palmarium Academic Publishing. 2012. – 344 с.
29. Орлов А.И. Современное состояние контроллинга рисков // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2014. № 98. С. 933-942.
30. Научные организации России. - М.: ЦИСН, 1993.- 286 с.
31. Яблонский А.И. Математические модели в исследовании науки. - М.: Наука, 1986. - 352 с.
32. Социально-психологические проблемы науки. Ученый и научный коллектив / Сб. статей под ред. М.Г. Ярошевского. - М.: Наука, 1973. - 252 с.
33. Человек науки / Сб. статей под ред. М.Г. Ярошевского. - М.: Наука, 1974. - 392 с.
34. Рохваргер А.Е., Шевяков А.Ю. Математическое планирование научно-технических исследований. - М.: Наука, 1975. - 440 с.

## References

1. Hromov G.S. Nauka, ktoruju my terjaem. - М.: Kosmosinform, 1995. - 104 s.
2. Puankare A. O nauke. - М.: Nauka, 1990. - 736 s.
3. Nalimov V.V., Mul'chenko A.B. Naukometrija. - М.: Nauka, 1969. - 192 s.
4. Nechaeva E.G. Kadry nauki Rossii // Nauka i tehnologija v Rossii. 1996. №1 (17). S. 9-11.
5. Nauka Rossii: 1993. Statisticheskij sbornik.- М. CISN, 1994. - 240 s.
6. Rossija v cifrah: Kratkij stat. sb. - М.: Goskomstat RF, 1999. - 416 s.
7. Orlov A.I. Teorija prinjatija reshenij. — М.: Jekzamen, 2006. — 574 s.
8. Finansirovanie issledovanij i razrobotok v Rossii: sostojanie, problemy, perspektivy / Pod red. L.Je. Mindeli, S.I. Chernyh i dr. М.: Institut problem razvitija nauki RAN, 2013. - 300 с.
9. Samujel'son P. Jekonomika. Тt.1,2. - М.: MGP "Algon"-Vniisi, 1992. - 333 s. + 415 s.
10. Nalimov V.V. Teorija jeksperimenta. - М.: Nauka, 1971. - 208 s.

11. Gnedenko B.V., Orlov A.I. Rol' matematicheskikh metodov issledovaniya v kardinal'nom uskorenii nauchno-tehnicheskogo progressa // Zavodskaja laboratorija. Diagnostika materialov. 1988. T.54. № 1. S. 1-4.
12. Neujmin Ja.G. Modeli v nauke i tehnike. Istorija, teorija, praktika. - L.: Nauka, 1984. - 190 s.
13. Orlov A.I. O metodologii statisticheskikh metodov // Politematicheskij setevoj jelektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2014. № 104. S. 53 – 80.
14. Viner N. Kibernetika i obshhestvo. - M.: IL, 1958. - 200 s.
15. Orlov A.I. O razvitii statistiki ob#ektov nechislovoj prirody // Politematicheskij setevoj jelektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2013. № 93. S. 41-50.
16. Orlov A.I. Teorija jekspertnyh ocenok v nashej strane // Politematicheskij setevoj jelektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2013. № 93. S. 1-11.
17. Krivcov V.S., Orlov A.I., Fomin V.N. Sovremennye statisticheskie metody v standartizacii i upravlenii kachestvom produkcii // Standarty i kachestvo. 1988. № 3. S. 32-36.
18. Nejlor T. Mashinnye imitacionnye jeksperimenty s modeljami jekonomicheskikh sistem. - M.: Mir, 1975. - 500 s.
19. Orlov A.I. O razvitii prikladnoj statistiki // Sovremennye problemy kibernetiki (prikladnaja statistika). - M.: Znanie, 1981. S. 3-14.
20. Orlov A.I. Sovremennaja prikladnaja statistika // Zavodskaja laboratorija. Diagnostika materialov. 1998. T.64. №3. S. 52-60.
21. Orlov A.I. Prikladnaja statistika. — M.: Jekzamen, 2006. — 671 s.
22. Orlov A.I. Chto daet prikladnaja statistika narodnomu hoz'jajstvu? // Vestnik statistiki. 1986. № 8. S. 52–56.
23. Orlov A.I. Vnedrenie sovremennykh statisticheskikh metodov s pomoshh'ju personal'nyh komp'juterov // Kachestvo i nadezhnost' izdelij. № 5 (21). - M.: Znanie, 1992. S. 51-78.
24. Orlov A.I. O sovremennykh problemah vnedrenija prikladnoj statistiki i drugih statisticheskikh metodov. // Zavodskaja laboratorija. Diagnostika materialov. 1992. T.58. №1. S. 67-74.
25. Orlov A.I. Sertifikacija i statisticheskie metody (obobshhajushhaja stat'ja). // Zavodskaja laboratorija. Diagnostika materialov. 1997. T.63. №3. S. 55-62.
26. Orlov A.I., Lucenko E.V. Sistemnaja nechetkaja interval'naja matematika. Monografija (nauchnoe izdanie). – Krasnodar, KubGAU. 2014. – 600 s.
27. Orlov A.I., Lucenko E.V., Lojko V.I. Perspektivnye matematicheskie i instrumental'nye metody kontrollinga. Pod nauchnoj red. prof. S.G. Fal'ko. Monografija (nauchnoe izdanie). – Krasnodar, KubGAU. 2015. – 600 s.
28. Orlov A.I. Problemy upravlenija jekologicheskoy bezopasnost'ju. Itogi dvadcati let nauchnykh issledovanij i prepodavaniya. – Saarbrücken: Palmarium Academic Publishing. 2012. – 344 s.
29. Orlov A.I. Sovremennoe sostojanie kontrollinga riskov // Politematicheskij setevoj jelektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2014. № 98. S. 933-942.
30. Nauchnye organizacii Rossii. - M.: CISN, 1993.- 286 s.
31. Jablonskij A.I. Matematicheskie modeli v issledovanii nauki. - M.: Nauka, 1986. - 352 s.



32. Social'no-psihologicheskie problemy nauki. Uchenyj i nauchnyj kollektiv / Sb. statej pod red. M.G. Jaroshevskogo. - M.: Nauka, 1973. - 252 s.
33. Chelovek nauki / Sb. statej pod red. M.G. Jaroshevskogo. - M.: Nauka, 1974. - 392 s.
34. Rohvarger A.E., Shevjakov A.Ju. Matematicheskoe planirovanie nauchno-tehnicheskikh issledovanij. - M.: Nauka, 1975. - 440 s.