



ВЗАИМОСВЯЗЬ ФУНДАМЕНТАЛЬНОЙ НАУКИ, ПРИКЛАДНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПРАКТИКИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ

В.П. Иванов

На основе анализа многолетней деятельности коллектива научных сотрудников, возглавляемого академиком Б.Н. Петровым, излагаются некоторые соображения о взаимосвязи фундаментальной науки, прикладных исследований и практики проектирования систем управления.

Ключевые слова: фундаментальные и прикладные исследования, ракетно-космическая техника, проектирование бортовых систем управления.

*Светлой памяти
Бориса Николаевича Петрова посвящается*

ВВЕДЕНИЕ

Имя Бориса Николаевича Петрова и вся его деятельность в области управления, несомненно, заслуживают самых высоких эпитетов, характеризующих его как человека и ученого. В данной статье мы попытаемся на примере его научного пути показать полезность сочетания фундаментальных и прикладных исследований в работе научных коллективов.

Учителями и руководителями Б.Н. Петрова в начале его научного пути были академики Н.Н. Лузин и В.С. Кулебакин. Полученные глубокие знания способствовали формированию Б.Н. Петрова как ученого-теоретика. Вся деятельность Б.Н. Петрова в области теории управления отличалась новизной решаемых проблем, глубиной исследований. Спектр его научных интересов был очень широк. Им был создан метод структурных преобразований схем автоматических систем [1] и разработан адекватный им математический аппарат — алгебра структурных преобразований. Весьма глубокие исследования проведены Б.Н. Петровым в области методов интегрирования нелинейных дифференциальных уравнений и устойчивости нестационарных динамических систем. Им были установлены границы применимости результатов академика С.А. Чаплыгина [2].

Вместе с тем, в деятельности Б.Н. Петрова и руководимого им коллектива научных сотрудников Института автоматики и телемеханики¹ АН СССР (ИАТ) значительное место занимали исследования в области управления объектами ракетно-космической тех-

ники (РКТ). Эти исследования, направленные на решение проблем управления в конкретной, хотя и достаточно широкой и важной сфере деятельности, в соответствии со сложившимися представлениями можно отнести к прикладной науке. Важно, что проведение упомянутых исследований потребовало глубокого изучения проблематики ракетно-космической техники, охватывающей не только физические принципы действия, но и вопросы технологии и производства объектов РКТ.

1. НЕКОТОРЫЕ СООБРАЖЕНИЯ О ВЗАИМОСВЯЗИ ФУНДАМЕНТАЛЬНОЙ НАУКИ ОБ УПРАВЛЕНИИ И ПРИКЛАДНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ В ПРЕДМЕТНЫХ ОБЛАСТЯХ

В настоящее время в науке управления сложно сформулировать четкие правила по разграничению фундаментальных и прикладных исследований. Фундаментальная и прикладная науки образуют единый организм, обе части которого взаимодействуют друг с другом. Тем не менее, разделение научных исследований на фундаментальные и прикладные имеет место. Фундаментальные исследования характеризуются более высоким уровнем общности полученных результатов. Прикладная наука обычно связывается с исследованиями предметных областей. Наука об управлении охватывает различные сферы человеческой деятельности, включающие в себя технику, экономику, медицину, биологию и др.

Очевидна ценность и полезность развития как фундаментальной, так и прикладной науки. Отсутствие результатов исследований общего характера может привести к потере ориентации в направлении естественного развития науки. Прикладные исследования в предметных областях обогащают науку, расширяя

¹ Ныне Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН.

диапазон постановок задач управления, и позволяют осуществлять связь науки с производством. Такая связь, с одной стороны, способствуют внедрению фундаментальных результатов в технологию производства, а с другой — инициирует проведение новых фундаментальных исследований в интересах создания новой техники и технологии ее производства.

Творческое начало имеет место как в фундаментальных, так и в прикладных исследованиях. Получение фундаментальных результатов связано со способностью обобщения имеющегося опыта, абстрагирования от частного и генерацией идей на языке наиболее общего уровня. Несомненно, что это наиболее эффективный путь развития науки. Способность получения новых результатов в прикладных исследованиях требует погружения исследователя в язык конкретной области. Нередко новый результат, полученный в прикладной области, имеет общее значение для науки. Однако исследователи — непосредственные участники данной конкретной разработки, не видят этой общности. С другой стороны, специалист в области фундаментальной науки, не зная языка прикладной области, не сможет понять сути и важности нового результата. Увидеть общее в частном результате и сформулировать его на языке фундаментальной науки сможет исследователь универсального типа, имеющий опыт в фундаментальных и прикладных исследованиях. Существует и обратная задача передачи фундаментальных результатов в предметную область.

Внедрение фундаментальных результатов предполагает перевод этих результатов на язык прикладной области. Фактическое внедрение требует соответствующей корректировки конструкторской документации и технологии производства. Сотрудники научных организаций, как правило, стремятся ограничиться передачей научных результатов, стараясь не ввязываться в работу, связанную с фактическим внедрением. Непосредственные участники производства, сталкиваясь с необходимостью разбираться в нововведениях, обычно предпочитают использовать, пусть менее эффективные, но более понятные самостоятельные решения. В такого рода противоречии заключается основная причина слабого внедрения научных результатов в сферу производства.

Яркими примерами глубокого проникновения фундаментальной науки в технологию производства служат атомный и ракетно-космический проекты Советского Союза, к реализации которых были привлечены крупные ученые и научные коллективы.

2. ОПЫТ КОЛЛЕКТИВА НАУЧНЫХ СОТРУДНИКОВ, ВОЗГЛАВЛЯЕМОГО Б.Н. ПЕТРОВЫМ, В ЧАСТИ ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ И ПРИКЛАДНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПРИ РАЗРАБОТКЕ БОРТОВЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ РАКЕТ-НОСИТЕЛЕЙ

Начало творческой деятельности Б.Н. Петрова пришлось на время, когда наша страна совершила гигантский прорыв, открыв человечеству дорогу в космос. В этом прорыве значительную роль сыграла со-

ветская наука. В проблемах, связанных с созданием ракет-носителей, весомую долю занимали задачи теории автоматического управления подвижными объектами. Глубокие знания в этой области и высокая эрудированность Б.Н. Петрова позволили ему активно включиться в разработку новых, уникальных для того времени, задач автоматического управления, участвовать в разработке и обсуждении космических программ наряду с ведущими деятелями ракетно-космической науки и техники.

В процессе совместной работы с конструкторами-ракетчиками Б.Н. Петров уделял большое внимание проблеме построения бортовых терминальных систем управления жидкостных ракет, повышающих энергетические характеристики путем управления их двигательными установками. В течение многих лет Борис Николаевич был научным руководителем разработок многих бортовых терминальных систем. Участие в этих работах потребовало адаптации коллектива научных сотрудников ИАТ, руководимого Б.Н. Петровым, к условиям работы в режиме опытно-конструкторской разработки. Новые принципы построения и методы синтеза получали воплощение в конструкторской документации и технологии разработки систем управления. Помимо участия в разработке эскизных проектов, создания алгоритмов управления, максимально приближенных к условиям их реализации на бортовых вычислительных средствах, формирования эксплуатационных характеристик систем управления на основе оценки их динамики и точности, опытно-конструкторская разработка включает в себя создание документации, регламентирующей технологию стендовой и натурной отработки. В состав такой документации входят тестовые примеры для контроля правильности функционирования бортового программного обеспечения, имитационные программные модули для проведения предпускового моделирования, методики адаптации алгоритмов управления к условиям конкретного пуска, оценки функционирования системы управления при стендовых и натуральных испытаниях.

Создаваемые при участии сотрудников Института бортовые системы управления стали своеобразным полигоном для практического применения научных результатов и инициировали постановки новых задач управления.

При создании систем управления расходом топлива ракет-носителей использовались результаты общей теории управления. В частности, при синтезе алгоритмов управления применялись методы фильтрации и оптимального управления, для анализа динамики и точности систем — методы статистического моделирования. Впервые в ракетной технике были применены принципы терминального и порогово-дискретного управления.

В процессе разработки конкретных бортовых систем и исследований различных задач терминального управления возникло понимание, что бортовые терминальные системы имеют свою специфику и занимают определенное место в общем ряду систем автоматичес-



кого управления. Практические задачи, возникающие в ракетно-космической технике, послужили толчком к разработке теории бортовых систем терминального управления и систематическому изложению теории и накопленного опыта в специальной монографии [3]. Основная особенность развитых методов синтеза заключается в том, что все они инициированы практическими нуждами проектирования бортовых систем управления и учитывают реальные условия эксплуатации объектов ракетно-космической техники.

В последние годы развита теория отказоустойчивых бортовых терминальных систем [4]. Сформулирован принципиально новый подход к синтезу, заключающийся в том, что состояние системы с частичным отказом рассматривается как одно из допустимых ее состояний, которое должно учитываться при выборе алгоритма управления. В идеологию построения алгоритма управления закладывается способность сохранения приемлемого качества при появлении отказов. Отказоустойчивые системы синтезируются в классе систем управления с многоуровневой структурой, из которой могут быть образованы каналы управления различного уровня сложности, адекватные сложившимся условиям функционирования. В синтезируемом алгоритме управления предусматриваются возможности диагностики состояний системы с отказами и перестройки на новые условия работы. Важно, что повышение надежности системы в данном случае обеспечивается без привлечения дополнительных аппаратных средств.

Принимая во внимание, что в ракетно-космической технике сохраняется относительно низкая для техносферы надежность действия средств выведения, был выполнен цикл научных работ в обеспечение безопасности эксплуатации объектов ракетно-космической техники средствами управления. В основе этих работ лежит концепция управления безопасностью по обобщенному критерию, учитывающему различные факторы риска [5]. Обеспечение безопасности охватывает основные этапы жизненного цикла объектов, начиная от формирования проектного облика, до этапа сопровождения эксплуатации. Здесь используются средства проектно-технического и эксплуатационно-технического управления. В системах управления совершенствуются их принципы действия с приоритетом критерия безопасности и реализуются отказоустойчивые алгоритмы формирования управления.

Сформулировано новое направление в области создания перспективных ракетных средств гарантированного выведения, которое охватывает наиболее критичные для безопасности объекта задачи управления массо- и теплообменными процессами в баках и магистралях двигателя, определяющими устойчивый режим выделения энергии большой мощности в жидкостных двигателях.

Основные результаты теории терминальных систем управления были использованы при создании бортовых систем для космических ракет-носителей «Союз», «Протон-М», «Зенит», «Энергия-Буран», обеспечив-

ших реализацию отечественных космических программ и международных проектов («Союз — Аполлон», «Морской старт»), а также для вновь создаваемых, перспективных средств выведения — семейства РН «Ангара», РН «Союз-СТ», разгонного блока КВТК.

Современный уровень развития техники, особенно в области производства информационных систем и систем управления, требует постоянного притока нововведений и характеризуется чрезвычайно быстрой сменой технологий. Для того, чтобы оперативно отвечать новым условиям, фундаментальная и прикладные науки должны быть тесно связаны с научно-производственными центрами (НПЦ), где формируются технологии производства. Научные коллективы, не растворяясь в НПЦ, должны участвовать в создании технологий, реализующих нововведения, совместно с НПЦ. Такое тесное взаимодействие значительно облегчает внедрение научных результатов. В этом случае употребление слова «внедрение» в обычном понимании становится ненужным, так как результаты научных исследований естественным образом вписываются в процесс создания системы управления.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Не умоляя значения разработки проблем фундаментальной теории управления как наиболее эффективного пути развития науки, важно отметить существенную роль прикладных исследований, тесно связанных с практикой проектирования и технологией создания информационных и управляющих систем. Прикладные исследования расширяют возможности применения теории и тем самым обогащают науку управления.

ЛИТЕРАТУРА

1. Петров Б.Н. О построении и преобразовании структурных схем // Изв. АН СССР. ОТН. — 1945. — № 12. — С. 1146—1162.
2. Петров Б.Н. Граница применимости теоремы С.А. Чаплыгина о дифференциальном неравенстве к линейным уравнениям с обыкновенными производными второго порядка // Докл. АН СССР. — 1946. — Т. 51, № 4. — С. 251—254.
3. Петров Б. Н., Портнов-Соколов Ю. П., Андриенко А. Я., Иванов В. П. Бортовые терминальные системы управления. — М.: Машиностроение, 1983. — 200 с.
4. Иванов В.П., Каблова Е.Б. Принципы и методы построения отказоустойчивых алгоритмов бортовых систем управления // Третья междунар. конф. по проблемам управления / ИПУ РАН [Электронный ресурс: 1 опт. диск]. — 2006., с. 892—900.
5. Портнов-Соколов Ю.П. Управление риском — приоритетная дисциплина в теории управления XXI века // Датчики и системы. — № 11. — 2003.

Статья представлена к публикации членом редколлегии Б.В. Павловым.

Владимир Петрович Иванов — д-р техн. наук, гл. науч. сотрудник, Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН,
☎ (495) 334-87-60, ✉ vladguc@ipu.ru.