

К 90 – ЛЕТИЮ АКАДЕМИКА Е. П. ПОПОВА

В ноябре 1999 г. не стало академика Е. П. Попова, выдающегося ученого в области механики и теории автоматического управления, крупного организатора науки и талантливого педагога. Евгений Павлович Попов родился 14 февраля 1914 года в Москве. Основные даты жизни и деятельности Е. П. Попова приведены в табл. 1, где в сжатой форме прослеживается его жизненный путь: от студента техникума точной индустрии – до академика, от солдата – до генерала.

В табл. 2 приведен список основных научных трудов Е. П. Попова (общий список насчитывает более 200 печатных работ).

Даже беглый анализ этих трудов позволяет выделить три крупные темы, связанные с тремя основными научными направлениями деятельности академика: механика, теория автоматического управления и робототехника. Заметим, что три государственных премии Е. П. Попова получены им соответственно за достижения именно в этих направлениях.

Меня, как ученика Е. П. Попова в области теории автоматического управления, в первую очередь интересовали его работы именно в этой области.

О том, что я не самозванный ученик Евгения Павловича, свидетельствует, например, следующий факт. Рассказывая в своих «Воспоминаниях» о подготовленных им в Военной академии им. А. Ф. Можайского докторов наук, он пишет: «Наконец, еще один мой ученик Р. М. Юсупов защитил в то время докторскую диссертацию по бесперископным самонастраивающимся системам автоматического управления. Потом пошли уже более молодые сотрудники»¹.

В теорию автоматического управления Е. П. Попов пришел фактически из механики в 1949 г., когда он в возрасте 35 лет был назначен начальником кафедры автоматики и телемеханики Ленинградской военно-воздушной инженерной академии. Это была первая кафедра такого профиля среди военных вузов и одна из первых кафедр по автоматике среди всех вузов страны. Так, в ЛПИ такая кафедра уже существовала, но только с уклоном в релейную автоматику. В то же время теория автоматического регулирования еще только зарождалась. Полноценных книг и учебных курсов не было. Единственным источником для изучения нового направления был журнал «Автоматика и телемеханика», созданный в 1936 г. Е. П. Попову удалось также достать отрывочные конспекты лекций А. А. Фельдбаума, которые он читал на кафедре электротехники в Артиллерийской академии в Москве. Позднее он узнал, что подобные лекции читал на спецкурсах в МВТУ А. А. Воронов.

Е. П. Попов достаточно оперативно вошел в курс дела и уже в 1950 году в «Трудах ЛКВВИА» он опубликовал большой обзорный материал «Работы оте-

чественных ученых по созданию теории автоматического регулирования»². Заметим, что в этих же трудах кроме обзора Е. П. Попова была опубликована статья Я. З. Цыпкина «Устойчивость и автоколебания релейных систем автоматического регулирования», а ответственным редактором трудов был В. И. Сифоров, являвшийся в то время заместителем начальника ЛКВВИА по учебной и научной работе. Статья Я. З. Цыпкина была написана по материалам доклада, сделанного им в ЛКВВИА 3 февраля 1950 г. по приглашению Е. П. Попова.

В 1952–1953 годах в ЛКВВИА вышла в двух частях первая книга Е. П. Попова «Теория автоматического регулирования». В 1954 г. «Гостехиздатом» (впоследствии «Физматгиз») была издана «Динамика систем автоматического регулирования», ставшая настольной книгой нескольких поколений специалистов по автоматическому управлению. Очень скоро она вышла в переводе в Англии, Германии и США

Наибольшую известность Е. П. Попов получил благодаря своим работам в области приближенных методов исследования нелинейных автоматических систем. Интересуясь точными методами исследования нелинейных колебаний, он пришел к выводу, что они, во-первых, слишком сложны и, во-вторых, годятся в основном только для систем, описываемых уравнениями второго порядка.

Поэтому он вполне естественно обратился к приближенным методам, в частности, к методу Н. М. Крылова и Н. Н. Боголюбова. В результате Е. П. Попов пришел к идее метода гармонической линеаризации. Подробно этот метод изложен в книге Е. П. Попова и И. П. Пальтова «Приближенные методы исследования нелинейных автоматических систем»³.

Идея метода гармонической линеаризации достаточно проста. Пусть на вход нелинейного звена (рис. 1) подается гармонический сигнал $x = A \sin \omega t$.

Периодический сигнал на выходе нелинейного звена разлагается в ряд Фурье. С учетом фильтрующих свойств линейной части системы для случая симметричных нелинейностей сигнал y в первом приближении можно представить в виде

$$y \approx D_1 \sin \omega t + C_1 \cos \omega t = q(a)x + \frac{q^1(a)}{\omega} p x,$$

где $q(a) = \frac{D_1}{a}$, $q^1(a) = \frac{C_1}{a}$; $p = \frac{d}{dt}$, $q(a)$, $q^1(a)$ – коэффициенты гармонической линеаризации.

¹ Попов Е. П. Воспоминания. – М.: Изд-во МГТУ им. И. Э. Баумана, 1996. – С. 132.

² Труды ЛКВВИА. Вып. 32. – Л.: Изд-во ЛКВВИА, 1950.

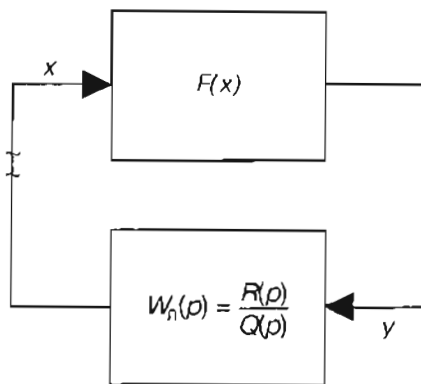
³ Попов Е. П., Пальтов И. П. Приближенные методы исследования автоматических систем. – М.: Физматгиз, 1960.

■ Таблица 1. Основные даты жизни и деятельности Е. П. Попова

Событие	Год
Окончание техникума точной индустрии	1934
Работа на заводе «Гизприбор»	1933 –1934
Учеба в МВТУ им. И. Э. Баумана, получение диплома инженера-механика	1934 –1939
Служба в армии	1939 –1943
Переход в ЛКВВИА в Йошкар-Оле и получение первого офицерского звания техника-лейтенанта	1943, май
Защита в МВТУ кандидатской диссертации на тему: «Динамика и прочность пружин»	1943, ноябрь
Утверждение в ученой степени кандидата технических наук	1944, январь
Защита в МВТУ докторской диссертации на тему: «Расчет гибких деталей приборов и машин (прикладная теория изгиба прямого и кривого бруса малой жесткости)»	1946
Утверждение в ученой степени доктора технических наук	1946, ноябрь
Получение ученого звания профессора	1948
Получение Сталинской (Государственной с 1954 г.) премии за работы в области теории и расчета гибких упругих деталей	1949
Назначение начальником кафедры автоматики и телемеханики ЛВВИА	1949
Создание на базе кафедры Е. П. Попова кафедр «Основы автоматики», «Электронные вычислительные машины военного применения», «Инфракрасная техника и аэрофотооборудование», научно-исследовательской лаборатории «Автоматизированные системы управления войсками» и факультета «Автоматизированные системы управления»	1952–1968
Назначение на работу (по совместительству) на должность руководителя Секции беспилотных объектов в НТК ВВС	1954
Избрание в члены-корреспонденты АН СССР	1960
Изменение названия и содержания кафедры «Системы управления ракет и КА»	1960
Присвоение воинского звания «генерал-майор»	1961
Назначение на должность Председателя Секции прикладных проблем при Президиуме АН СССР и переезд в Москву	1964
Демобилизация из армии и переход на должность заведующего кафедрой прикладной математики в МВТУ	1971
Назначение заведующим кафедрой следящих систем (М-7)	1971
Получение второй Государственной премии в коллективе авторов под руководством В. В. Солодовникова	1972
Открытие по инициативе Е. П. Попова специальности «Робототехнические системы» при головной роли кафедры М-7 МВТУ	1976
Создание научно-учебного центра «Робототехника» МВТУ и новой кафедры «Робототехнические системы»	1981
Переход в Отделение информатики, вычислительной техники и автоматизации РАН	1983
Получение третьей Государственной премии	1984
Избрание в действующие члены РАН	1992
Кончина Е. П. Попова	03.11.1999

■ Таблица 2. Основные научные труды Е. П. Попова

№ п/п	Название книг	Издательство	Год издания	Количество печатных листов
1	«Теория и расчет гибких упругих деталей»	ЛККВИА	1947	22
2	«Нелинейные задачи статики тонких стержней»	«Гостехиздат»	1948	11
3	«Курс теоретической механики (динамика)» (в соавт. с Н. В. Бутениным и С. И. Лазеевым)	ЛКВВИА	1948	25
4	«Курс теоретической механики (статика и динамика)» (в соавт. с Н. В. Бутениным и С. И. Лазеевым)	ЛКВВИА	1950	25
5	Работы отечественных ученых по созданию теории автоматического регулирования	Труды ЛКВВИА, вып. 32	1950	2
6	«Теория автоматического регулирования», ч. I	ЛКВВИА	1952	36
7	«Теория автоматического регулирования», ч. II	ЛКВВИА	1953	21
8	«Динамика систем автоматического регулирования»	«Гостехиздат»	1954	45
9	Лекции по теории автоматического регулирования	ЛКВВИА	1957	24
10	«Автоматическое регулирование и управление» (5 изданий)	«Физматгиз», «Наука»	1956–1966	19
11	«Приближенные методы исследования нелинейных автоматических систем» (в соавт. с И. П. Пальтовым)	«Физматгиз»	1960	45
12	«Системы управления космических аппаратов»	ЛКВВИА	1962	11
13	«Система управления ракеты» (в соавт. с А. Ромейковым)	ЛКВВИА	1964	6
14	«Теория систем автоматического регулирования» (три издания) (в соавт. с В. А. Бесекерским)	«Наука»	1966–1975	50
15	Серия из 10 книг по нелинейным системам автоматического управления (редактор и соавтор)	«Машино- строение»	1970–1991	220
16	«Прикладная теория процессов управления в нелинейных системах»	«Наука»	1973	35
17	«Манипуляционные работы. Динамика и алгоритмы» (в соавт. с А. Ф. Верещагиным и С. Л. Зенкевичем)	«Наука»	1978	20
18	«Система управления манипуляционных роботов» (в соавт. с В. С. Медведевым, А. Г. Лесковым и А. С. Ющенко)	«Наука»	1978	20
19	Серия из 4 книг по проектированию следящих систем (редактор)	«Машино- строение»	1978–1984	64
20	Серия из 6 книг по курсу ТАР (редактор и соавтор)	«Наука»	1978–1984	96
21	«Роботы и человек» (в соавт. с А. С. Ющенко)	«Наука»	1983	15
22	Серия из 9 книг по робототехнике (редактор и соавтор)	«Машино- строение»	1984–1989	180
23	«Теория расчета гибких упругих стержней»	«Наука»	1986	20
24	«Робототехника и гибкие производственные системы»	«Наука»	1987	12
25	«Основы робототехники» (в соавт. с Г. В. Письменным)	«Высшая школа»	1990	15
26	Серия из 8 сборников АН по научным проблемам робототехники (соредактор и соавтор)	Издательство СССР	1980–1990	80



■ Рис. 1. Структурная схема нелинейной автоматической системы

Тогда передаточная функция разомкнутой нелинейной системы принимает вид

$$W(p, a) = \frac{R(p)}{Q(p)} \left[q(a) + \frac{q'(a)}{\omega} p \right]$$

Коэффициенты гармонической линеаризации для некоторых типовых нелинейностей представлены в табл. 3.

С использованием метода гармонической линеаризации Е. П. Попов и его ученики провели ряд теоретических и прикладных исследований. В частности, было выявлено, что нелинейность привода рулей в присутствии вибраций приводит к неустойчивости движения полета некоторых типов летательных аппаратов (самолетов-снарядов, ракет и т. д.). Была также создана теория нелинейных корректирующих устройств в автоматических системах. Ряд других разработок описан в книгах Е. П. Попова.

Обобщая научную, организаторскую и педагогическую деятельность Е. П. Попова, хотелось бы выделить следующие четыре направления, на развитие которых он оказал серьезное влияние.

1. Развитие теории автоматического регулирования и управления в масштабах страны.

2. Разработка и внедрение в практику проектирования и создания систем автоматического управления инженерных методов и методик.

3. Организация системы подготовки военных и гражданских инженеров и ученых в области автоматических систем управления.

4. Развитие таких новых научно-технических направлений, как автоматизация, робототехника и информатика.

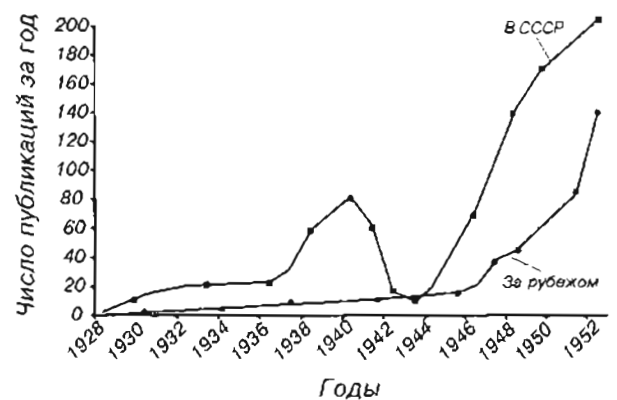
С именем Е. П. Попова и его коллег-академиков В. А. Трапезникова, А. А. Воронова, Я. Э. Цыпкина, А. А. Красовского, Б. Н. Петрова, членов-корреспондентов А. М. Летова, А. И. Лурье, В. И. Зубова и других связана целая эпоха успешного развития в нашей стране науки об автоматическом управлении и системах управления. Об этом свидетельствует хотя бы тот факт, что первый конгресс ИФАК по автоматическому управлению состоялся в 1960 г. в Москве под председательством президента ИФАК А. М. Ле-

това. Затем еще два конгресса были проведены на территории СССР – в Ташкенте и Таллине. Кроме того, регулярно проводились весьма популярные в СССР и в мире Всесоюзные совещания по автоматическому управлению. Наши специалисты были широко представлены в различных рабочих органах ИФАК. В 1940–1950-х годах, как отмечает А. А. Красовский¹, СССР имел несомненный приоритет в классической инженерной теории автоматического и автоматизированного регулирования с опережением США и других стран в этой области приблизительно на 15 лет. В качестве аргумента в пользу этого утверждения А. А. Красовский приводит сравнительные данные по числу публикаций на эту тему в СССР и за рубежом (рис. 2). Основной причиной нашего успеха в этот период он считает интеграционные процессы в науке «на базе целевой установки и целевого планирования индустриализации страны». Тогда в государственную программу автоматизации были привлечены крупные энергетики, электротехники, радиофизики, механики, математики. Они смогли осуществить интеграцию методов теории колебаний, теории устойчивости, нелинейной механики, радиотехники в комплексе с работами пионеров теории регулирования предшествующего столетия – И. И. Ползунова, И. А. Вышнеградского, П. Л. Чебышева, А. М. Ляпунова и др.

К сожалению, с конца 80-х годов прошлого столетия отечественная школа по теории управления, по нашему мнению, несколько замедлила свое развитие. В своей статье А. А. Красовский говорит даже о кризисном состоянии теории управления.

Можно назвать несколько причин, как-то объясняющих это негативное явление.

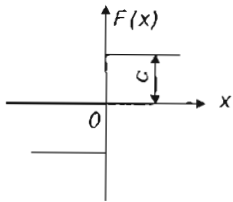
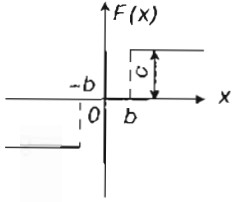
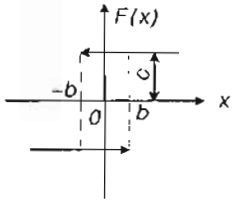
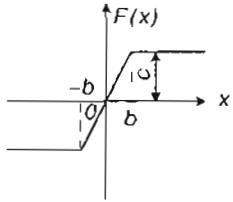
Во-первых, это, конечно, общий кризис, охвативший нашу науку на фоне реформирования политической, экономической и социальной сфер страны



■ Рис. 2. Сравнительные данные по числу публикаций в СССР и за рубежом по развитию классической инженерной теории автоматического регулирования

¹ Красовский А. А. Науковедение и состояние теории процессов управления // Автоматика и телемеханика. – 2000. – № 4.

■ Таблица 3. Коэффициенты гармонической линеаризации для некоторых типовых нелинейностей

Характеристика нелинейного звена		$d\phi$	$d\psi$
Идеальная релейная		$\frac{4c}{\pi a}$	0
Релейная с зоной нечувствительности		$\frac{4c}{\pi a} \sqrt{1 - \frac{b^2}{a^2}}$ $a \geq b$	0
Релейная с гистерезисной петлей		$\frac{4c}{\pi a} \sqrt{1 - \frac{b^2}{a^2}}$ $a \geq b$	$-\frac{4cb}{\pi a^2}$ $a \geq b$
С насыщением		$\frac{2c}{\pi b} \left(\arcsin \frac{b}{a} + \frac{b}{a} \sqrt{1 - \frac{b^2}{a^2}} \right)$ $a \geq b$	0

после распада СССР. Во-вторых, по мнению А. А. Красовского, «кризис современной теории автоматического и автоматизированного управления обусловлен нарушением интеграционных принципов науковедения, органического сочетания теории и практики». В-третьих, дальнейшему развитию теории управления, как нам представляется, не способствовали некоторые организационные решения, принятые при создании в составе АН СССР в 1983 г. Отделения информатики, вычислительной техники и автоматизации. Несомненно, такое отделение было необходимо. Но его создание в определенной мере произошло за счет ведущих тогда управленцев – академиков А. А. Воронова, Е. П. Попова, Г. С. Поспелова, Я. Э. Цыпкина, С. В. Емельянова, И. М. Макарова, Н. Н. Моисеева, Н. А. Кузнецова, которые перешли в новое отделение из Отделения механики и процессов управления. В результате ряды управленцев были расколоты, а автоматизация была организационно оторвана от управления (в рамках АН СССР).

Сегодня многих из названных академиков уже нет с нами. Ушли от нас и такие выдающиеся ученые, лидеры и организаторы науки в сфере управления, как

академики В. А. Трапезников, Б. Н. Петров, А. И. Берг, В. М. Глушков

Наконец, в-четвертых, с начала 80-х годов происходило бурное развитие информатики и вычислительной техники, начали появляться новые научные организации и коллективы по этой тематике, которые, естественно, оттянули на себя часть кадров из смежных областей, в том числе из управления. Многие управленцы переквалифицировались в информатиков.

Некоторое время теория управления и информатика развивались в значительной степени, по крайней мере в организационном плане, независимо и даже под «разными знаменами»: ИФАК и ИФИП. Но объективная реальность и жизнь диктуют и формируют свои процессы, связанные с тем, что сегодня управление и принятие управленческих решений невозможны без наличия соответствующей информации об объекте, о цели управления, об окружающей среде и т. д. Управление по своей природе есть совокупность действий, имеющая в основном сугубо информационный характер. Сегодня управление практически невозможно представить без компьютеров или микропроцессоров. Особо остро пробле-

ма использования компьютеров и информационных технологий возникает в системах управления в реальном времени бизнесом, т. е. в системах управления производственными и социальными коллективами. Традиционная теория управления и кибернетика в основном рассматривали технические системы и производственные процессы, как правило, без включения человека (коллектива) в качестве объекта управления или элемента системы управления.

Особенности рыночной экономики и конкурентной борьбы требуют автоматизации в условиях реального времени и бизнес-процессов. Естественно, что реализация этого процесса невозможна без широкого использования компьютерных и сетевых технологий в интересах обеспечения актуальной информацией всех субъектов, участвующих в бизнес-процессе, – руководителей, исполнителей (сотрудников), партнеров и потребителей.

В результате всего этого естественные процессы сближения (интеграции) управления и информационных технологий начали активно развиваться. Интенсивно увеличивается площадь пересечения областей теории управления и информатики (рис. 3).

Дальнейшее развитие систем управления, связанное с их интеллектуализацией¹, происходило за счет активного использования вычислительной техники и различных технологий искусственного интеллекта, развиваемых начиная примерно с 1950-х годов в недрах информатики. Наиболее популярными технологиями искусственного интеллекта явились ситуационное управление, экспертные системы, нейронные сети, генетические (эволюционные) алгоритмы, многоагентные системы, системы, основанные на знаниях.

В результате можно считать, что информатика стимулировала развитие таких новых разделов интеллектуального управления, как ситуационное управление, нейроуправление, управление на основе эволюционных алгоритмов, на основе технологии многоагентных систем и на основе знаний (см. рис. 3).

В уже упомянутой работе С. Н. Васильева, А. К. Жерлова и др. среди систем управления на основе знаний выделены системы управления на основе правил, логических моделей, с применением автоматического доказательства теорем, на основе нечетких правил.

Принято считать, что системы интеллектуального управления обладают способностью к пониманию и обучению в отношении объекта управления, возмущений, внешней среды, условий работы, цели управления.

Относительно самостоятельно применительно к общественным и организационным системам развивается такое новое направление в управлении, как информационное «Под информационным управлением понимается процесс выработки и реализации управленческих решений в ситуации, когда управляющее воздействие носит неявный, косвенный ха-

*Информационное управление;
интеллектуальное управление;
ситуационное управление;
нейроуправление;
управление, основанное на знаниях;
управление на основе эволюционных алгоритмов;
многоагентное управление*



*Адаптивные компьютерные системы;
проактивные компьютерные системы;
адаптивное управление;
адаптивное предприятие*

■ Рис. 3. Интеграция областей информатики и теории управления

актер, и объекту управления представляется определяемая субъектом управления информация о ситуации (информационная картина), ориентируясь на которую, этот объект как бы самостоятельно выбирает линию своего поведения².

В свою очередь, управленческая терминология проникает в информатику и вычислительную технику. Сегодня весьма популярными в области вычислительной техники и информационных технологий становятся понятия и, соответственно, стратегии адаптивных и проактивных компьютерных систем³, адаптивного управления и адаптивного предприятия⁴. Эти стратегии интенсивно развиваются компаниями IBM, Intel Research, Hewlett Packard, Microsoft, Sun и др.

¹ Тимофеев А. В., Юсупов Р. М. Интеллектуальные системы управления // Изв. РАН. Технич. кибернетика. – 1994. – № 5; Васильев С. Н., Жерлов А. К., Федосов Е. А., Федунев Б. Е. Интеллектуальное управление динамическими системами. М.: Физматгиз, 2000.

² Виноградов С. М., Войтович Н. А., Вус М. А. и др. Информационное общество: информационные войны, информационное управление, информационная безопасность. – СПбГУ, 1999.

³ Вонт Р., Перинг Т., Тенненхау Д. Адаптивные и проактивные компьютерные системы // Открытые системы. – 2003, октябрь.

⁴ Черняк Л. От адаптивной инфраструктуры – к адаптивному предприятию // Открытые системы. – 2003, октябрь.

Адаптивные и проактивные компьютерные (proactive computing) системы призваны решить проблемы, ограничивающие развитие ИКТ на современном этапе, в частности, за счет придания системам таких адаптационных способностей, как самоконтроль, самовосстановление, самоконфигурирование, самооптимизация, самообслуживание, самоорганизация. Свойства проактивных систем расширяют наши представления о применении компьютеров за счет необходимости мониторинга окружающей среды (мира) и влияния на него. Одна из основных задач адаптивных систем и адаптивного управления – способность приспосабливаться к требованиям бизнеса.

Применительно к управлению бизнесом и соответствующими предприятиями сформировалось представление, получившее название RTE (Real Time Enterprise), т. е. предприятие, работающее в реальном времени¹. Для проектирования и создания таких предприятий разрабатываются новые языки моделирования бизнес-процессов и их интеграции, развиваются соответствующие Web-службы и Web-порталы, создаются средства общения на естественном языке человека с машиной и т. д.

Очевидно, что указанная тенденция естественно (естественно-стихийного) сближения информатики и управления должна быть поддержана организационно. Определенные движения в этом направлении уже намечились. Так, в Киеве выпускается международный журнал «Проблемы управления и информатики». В 1997 г. в Санкт-Петербурге по инициативе СПИИРАН была проведена Международная конференция «Информатика и управление». В 2003 г. по инициативе Санкт-Петербургского государственного электротехнического университета была проведена Всероссийская конференция «Управление и информационные технологии». Аналогичные конференции и семинары начали проводиться и в других научных центрах и регионах.

Таким образом, мы являемся свидетелями и участниками сближения теоретических и прикладных проблем управления и информатики. Возможно, это приведет к появлению определенного комплексного междисциплинарного научно-прикладного направления на стыке этих двух дисциплин (информатики и управления).

Вспомним, что в свое время кибернетика кроме винеровского определения как науки об управлении и связи в животном и машине имела и определения, являющиеся практически синонимами определения информатики.

Так, в «Энциклопедии» кибернетика определялась как «наука об общих законах получения, хранения, передачи и преобразования информации в сложных управляющих системах»².

В предисловии к книге Ф. Джорджа аналогично кибернетика определяется как «наука об общих законах получения, хранения, передачи и переработки информации»³.

В статье М. Г. Гаазе-Рапопорта дается следующее определение кибернетики: «Кибернетика – это научно-методологическое направление, рассматривающее весь объективно существующий мир с единой, а именно информационной, точки зрения»⁴.

Сегодня в условиях активной информатизации общества имеет место определенное отождествление понятий информационного и киберпространства.

Кстати, попытки отождествления в целом кибернетики и информатики делались и ранее. Так, в работе Б. В. Бирюкова, в частности, предлагалось определить информатику как кибернетику на современном этапе развития и ввести синтезированное научное направление «информатика – кибернетика»⁵.

В работах основоположников кибернетики отмечалось, что основными понятиями этой науки являются управление и информация.

С учетом всего сказанного происходящее явление сближения управления и информатики можно рассматривать как процесс возрождения кибернетики в условиях бурного развития вычислительной техники и инфотелекоммуникационных технологий.

Представляется, что применительно к этому процессу можно, пока несколько условно, говорить о рождении (возрождении) нового научно-технического направления – неокибернетики.

В определенной мере это утверждение может явиться ответом на вопрос, поставленный в дискуссии, открытой на страницах журнала «Проблемы управления и информатики» (№ 3, 2001 г.) статьей Н. Н. Дидука и В. Н. Коваля «Существует ли наука кибернетика? (О роли кибернетики в естествознании)». Наше предварительное мнение по этому вопросу было изложено в этом же журнале (№ 6, 2001 г.) в статье Р. И. Полонникова и Р. М. Юсупова «Восприимет ли кибернетику XXI век?»

Сегодня можно надеяться, что кибернетика как наука об общих законах управления, информации и информационного взаимодействия будет развиваться в рамках неокибернетики.

Р. М. Юсупов,

доктор тех. наук, профессор, директор СПИИРАН

¹ Черняк Л. На пути к предприятию, управляемому в реальном времени // Открытые системы. – 2002, декабрь.

² Энциклопедия кибернетики, Ч. I. – Киев. – 1974 г.

³ Джордж Ф. Основы кибернетики. – М.: Радио и связь, 1984.

⁴ Гаазе-Рапопорт М. Г. Куда идет кибернетика? // Кибернетика. Дела практические. – М.: Наука, 1984.

⁵ Бирюков Б. В. Кибернетика, информатика, вычислительная техника, автоматика: проблемы становления и развития. Вклад отечественной науки // Кибернетика. прошлое для будущего. – М.: Наука, 1989.