

УДК 62-50

© 2001 г. К. БИССЕЛ
(Открытый Университет, Милтон Кейнз, Великобритания)

РОЛЬ А. А. АНДРОНОВА В РАЗВИТИИ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ В РОССИИ¹

В период, последовавший непосредственно за окончанием второй мировой войны, во многих странах наблюдалось быстрое развитие теории автоматического регулирования. Инженеры и ученые, занятые изучением задач управления, образовали новые профессиональные сообщества; начали читаться университетские курсы по соответствующей тематике; были образованы исследовательские группы в промышленных, академических и государственных лабораториях. Широко распространялись прежде секретные работы военного времени, и были определены военные, промышленные и прочие приложения развивающейся дисциплины. В этот период Александр Александрович Андронов (1901–1952) представлял собой ключевую фигуру в развитии теории автоматического регулирования в бывшем Советском Союзе. Цель этой статьи – дать краткое введение к работам Андропова, начиная с его трудов по нелинейной динамике, и показать его последующую роль в стимулировании советских исследований в области теории автоматического регулирования – в значительнейшей степени благодаря организации в 1944 году его Московского семинара.

1. Школа нелинейной динамики Мандельштама–Андропова

Важным центром изучения нелинейной динамики в России с конца 20-х годов была группа, сформировавшаяся в Москве вокруг Л.И. Мандельштама и Н.Д. Папалекси. Исследования этой группы, среди прочего, привели к развитию теории мультивibrаторов и к созданию радиогодезии.

Андронов был одним из молодых физиков, кто в качестве аспиранта Мандельштама начал свою академическую карьеру с изучения нелинейной динамики. Мандельштам был известен как талантливый лектор и педагог, и его группу характеризовала обстановка интеллектуального сотрудничества, где отвергалось любое искусственное разделение теоретической и экспериментальной физики, равно как и разделение преподавания и исследования. Андронов, как и многие его соученики-студенты, находился под сильным влиянием стиля Мандельштама; и лучшие черты, присущие группе Мандельштама, должны были впоследствии сформировать основу собственного стиля Андропова в преподавании и исследованиях. Андронов поддерживал тесный контакт со своим первым учителем до самой смерти Мандельштама в 1944 г. Мандельштам представлял большинство, если не все, статей Андропова, которые появились в публикациях Академии наук СССР вплоть до года смерти Мандельштама.

Леонид Исаакович Мандельштам (1879–1944) – один из наиболее выдающихся советских физиков первой половины 20-го столетия. Исключенный из Одесского университета после студенческих беспорядков 1899 г., он продолжил свое студенческое и аспирантское образование в Страсбурге и возвратился в Россию в 1914 г. Затем последовали различные научные и академические посты, увенчавшиеся заведыванием кафедрой теоретической физики в МГУ и избранием действительным членом Академии наук СССР в 1929 г. Основные исследования Мандельштама относились

¹ Статья специально написана к юбилею А.А. Андропова и использует материал двух предыдущих работ автора [1, 2], ©IEEE; печатается с разрешения IEEE. Перевод с английского Т.И. Шмидт.

к оптике и радиофизике. В 1918 г. он предположил, что рэлеевские линии должны обладать тонкой структурой (благодаря тому, что стало известно как эффект Бриллюэна). Вместе с Г.С. Ландсбергом он открыл рамановское рассеивание в кристаллах, независимо от работы Рамана и Кришнана с жидкостями. Сотрудничество с Папалекси и другими в области нелинейных систем и в области линейных систем с нестационарными параметрами привело к ряду важных результатов в электротехнике, включая теорию мультивибраторов и создание первого параметрического осциллятора с периодически меняющейся индуктивностью. Один из наиболее значительных результатов работ Манделъштама и Папалекси – радиоинтерференционный метод измерения, приведший к возникновению новой науки – радиогодезии. Также Манделъштам проводил теоретические исследования в квантовой механике.

Одно из первых значительных достижений Андронова заключалось в демонстрации в конце 20-х годов связи между предельными циклами Пуанкаре и целой областью практических колебательных процессов [3]. Андронов предсказал, что к колебательным явлениям в химии, биологии и технике, возможно, будет приложен метод фазовой плоскости, разработанный первоначально совершенно в другом контексте. Эта работа ознаменовала начало необычайно плодотворного периода. Как должен был признать Минорский 30 годами позже, Андронов и его коллеги установили фундаментальную связь между сингулярными точками и положениями равновесия, между предельными циклами и стационарным движением, и между самовозбуждениями и бифуркациями [4]. В серии публикаций Андронов и другие (в частности, Л.С. Понтрягин и А.А. Витт) разработали строгий подход к изучению нелинейных систем, взяв за точку отсчета работы Пуанкаре и Ляпунова 19-го столетия, но продвинувшись много дальше. Одно из направлений этой работы в 1937 г. увенчалось классической “Теорией колебаний” [5], авторство которой Андронов разделяет с С.Э. Хайкиным и А.А. Виттом (имя Витта никогда не появлялось в первом издании этой работы; он был арестован в 1937 г. и умер на следующий год в лагере в Сибири [6]). В сокращенном виде английский вариант первого издания был предложен Лефшецем [7]; полностью было переведено второе русское издание [8]. Однако ни одна английская версия не явилась идеальным отражением оригинала. Лефшец модифицировал большую часть текста первого издания; второе же издание, хотя и в значительной мере уточненное и, в отличие от первого, содержащее специфически управленческие приложения, – это версия, появившаяся много позже смерти Андронова, весьма расширенная и частично переписанная другими авторами.

В 1931 г. Андронов переезжает в Горький (Нижний Новгород), хотя формально он сохранял по совместительству должность в Москве до 1937 г. Причины его переезда не полностью ясны, но как будто бы они связаны с безосновательными политическими нападками на Манделъштама (из-за его еврейской национальности и его тесных академических связей с Германией), и возникшей в результате этого полемики между Андроновым и одним видным московским ученым. Каковы бы ни были подлинные причины, Андронов вскоре создает чрезвычайно успешно работающую исследовательскую группу в Горьком, не оставляя работу в столице. Он продолжает тесное сотрудничество с московскими исследователями, выпуская совместные публикации и регулярно приезжая в Москву. Общий подход к изучению нелинейной динамики, существовавший в этих научных центрах в указанный период, до сих пор именуется в русской научной литературе *школой Манделъштама – Андронова*. Основные ступени академической карьеры Андронова, так же, как и некоторые ключевые события его жизни, перечислены ниже:

- 1901 – родился 11 апреля, в Москве.
- 1919–20 – военная служба в Красной армии.
- 1920 – зачислен студентом Московского Высшего технического училища, вскоре также стал посещать лекции МГУ.
- 1923 – переведен на физический факультет МГУ.

- 1925 – начал работу в аспирантуре под руководством Мандельштама.
- 1926 – женился на Е.А. Леонтович, математику по образованию; в дальнейшем она являлась соавтором ряда его научных публикаций.
- 1928 – представляет фундаментальный доклад по предельным циклам на 6-ю Конференцию советских физиков.
- 1929 – удостоен степени кандидата наук.
- 1931 – переходит на работу в Горьковский университет.
- 1934 – получает звание профессора.
- 1935 – удостоен степени доктора наук.
- 1937 – вышла из печати “Теория колебаний” (в соавторстве с Хайкиным и Виттом).
- 1944 – организует исследовательский семинар в Институте автоматики и телемеханики, оставаясь на работе в Горьком.
- 1944 – публикует основополагающий доклад о нелинейностях в цепях управления.
- 1946 – избран действительным членом Академии наук СССР.
- 1947 – избран депутатом Верховного Совета РСФСР.
- 1949 – публикует (совместно с Вознесенским) обзор по истории теории автоматического управления о работах Максвелла, Вышнеградского и Стодоль.
- 1950 – избран депутатом Верховного Совета СССР.
- 1952 – умер 31 октября.

2. Возникновение теории автоматического управления в Советском Союзе

В 1930-х годах в Советском Союзе, так же, как и во многих других странах Европы, наблюдается возрастающий интерес к автоматическому регулированию. В 1934 г. Академия наук СССР создает специальную Комиссию по автоматике и телемеханике, – несколько ранее, чем учреждение Комитета промышленных инструментов и регуляторов Американского общества инженеров-механиков (1936) или Комитета по управлению Союза немецких инженеров в Германии (1939). Комиссия провела конференцию по своей тематике в мае 1935 г., и в следующем году вышел журнал “Автоматика и Телемеханика”. В июне 1939 г. был создан Институт автоматики и телемеханики (ИАТ), к работе в котором были привлечены не только инженеры, уже знакомые с аспектами управления, но также и теоретики. Вскоре после организации института первые аспиранты приступили к исследованиям и начали работу первые семинары.

Ко времени организации Института автоматики и телемеханики в Москве, Андронов и некоторые его коллеги из Горького уже заинтересовались теорией управления. Он и другой горьковский исследователь, А.Г. Майер, обратили внимание на эту тему в конце 1930-х годов, когда они рассматривали задачу моделирования эффекта трения покоя в системах управления и обнаружили связь между этой частной нелинейной задачей и другими интересующими их областями науки [9, 10]. Андронову и Майеру посчастливилось встретить в 1940 г. ведущего специалиста в области автоматического регулирования в СССР – И.Н. Вознесенского из Ленинградского Центрального Теплотехнического института, и в том же году все они присутствовали на Первой Всесоюзной конференции по теории автоматического управления (называемой так теперь, хотя название оригинальных трудов было простым: *Тезисы и конспекты докладов на научном совещании по теории регулирования*, что наводит на мысль, что только в ретроспективе появилось более внушительное название – “Всесоюзное”).

Конференция 1940 г. проходила в то время, когда деятельность Института автоматизации и телемеханики и в особенности работы Г.В. Щипанова, Н.Н. Лузина и В.С. Кулебакина (директора института в то время) изучались специальной комиссией Академии наук. Эти ученые и некоторые их коллеги были обвинены в том, что они ведут “псевдонаучные” исследования; расследование велось с марта 1940 г. по май 1941 г. Институт и те ученые, которых коснулось это расследование, жестоко пострадали (Кулебакин лишился поста директора, Щипанов был переведен в другой институт). Однако в 1959 г. эта работа была официально “реабилитирована”, и последовала целая серия конференций по “теории инвариантности”.

Вознесенский и ленинградские коллеги были среди наиболее суровых критиков работы ИАТ, так что атмосфера на конференции должна была быть напряженной. Тем не менее, одним из важных результатов встречи в действительности было установление более сильных связей между исследователями в московском институте, ленинградской группой, группой Андропова в Горьком и Всесоюзным электротехническим институтом (ВЭИ), где А.В. Михайлов в своей основополагающей работе, впервые опубликованной в 1938 г. применил критерий Найквиста к задачам электрического регулирования. (В.В. Солодовников и Л.С. Гольдфарб также вели активную деятельность в ВЭИ в предвоенный период, и все эти трое ученых выступили с важными докладами на конференции 1940 г.).

Надо, однако, заметить, что эти центры были не единственными, где накапливался опыт исследований. К 1940 г., когда взгляд на автоматическое регулирование как на отдельную дисциплину только что начал укореняться в Советском Союзе, работы по задачам управления и нелинейной динамики уже выполнялись в различных научных, академических и промышленных учреждениях. В дополнение к вышеупомянутым, стоит отметить следующие центры (но значительная работа также выполнялась и в других местах):

- Казань, где Н.Г. Четаев и другие применили методы Ляпунова к техническим задачам;
- Киев, где Н.М. Крылов и Н.Н. Боголюбов провели детальное исследование применения подхода гармонической линеаризации к нелинейным системам;
- Харьков, где М.В. Мееров, работая в Электротехническом институте, установил критерий аperiodической устойчивости в 1942 г. – хотя он не был опубликован до 1945 г. [11].

Изучение проблем управления вскоре стало главной задачей андроновской группы в Горьком, и в марте 1941 г. Андронов был приглашен выступить на Отделении физики и математики Академии наук в Москве. В письме [12] к М.А. Айзерману в Институт автоматизации и телемеханики, датированном 19 мартом этого года, Андронов делает наброски своего выступления, которое должно включить в себя:

- Физику колебаний и теорию автоматического управления.
- Автоколебания в системах управления.
- Классическую теорию управления: устойчивость и критерий Рауса–Гурвица.
- Современные достижения теории управления, включая:
 - тепловые процессы (Синдж);
 - сервомеханизмы (Хазен);
 - трение и устойчивость (Айзерман);
 - линейную теорию (Хартри и др.);
 - текущие исследования по нелинейности в Горьком;
 - автопилоты и запаздывание.

Одной из интересных черт этой лекции было то, что она включала обзор некоторых наиболее важных работ в Великобритании и Соединенных Штатах в 1930-х годах: анализ Хазена высококачественных сервомеханизмов, который появился в

США в 1934 г., и работу Хартри и Портера по применению методов Фурье к тепловым процессам, опубликованную в Великобритании в 1936–37 годах. Более подробно об этих работах можно прочесть в книге [13]. Ясно, что Андронов уже был близко знаком с международными исследованиями.

Путь, пройденный Андроновым от нелинейной динамики к автоматическому управлению, можно кратко описать следующим образом.

Первая главная часть исследований Андронова в области нелинейной динамики касалась метода *припасовывания*, – метода, в котором отдельные решения для различных линейных режимов кусочно-линейной задачи соединяются, образуя полное решение – они “подшиты вместе”, как предписывает *метод шивания* (графический аналог метода припасовывания). Этот метод уже был использован Папалекси, Зоммерфельдом и другими, но в 1927 г. Мандельштам поставил перед Андроновым задачу создать для этого метода соответствующую математическую основу. В то время цель не была полностью достигнута, но исследования привели к тесной связи с последующей работой Андронова по автоматическому управлению.

Конец 20 и 30-х годов – это время быстрого продвижения Андронова и его коллег в теории нелинейной динамики, в частности путем распространения на эту область исследований более ранних плодотворных результатов Пуанкаре, Ляпунова, Биркгофа, Ван дер Поля и других. Детально исследуемые задачи включали предельные циклы, метод малого параметра (оба метода опирались на оригинальную работу Пуанкаре), и анализ устойчивости (с использованием методов Ляпунова). Итогом было создание исчерпывающего теоретического обоснования для нелинейной динамики, в основном изложенного в “Теории колебаний” 1937 г. издания [5].

К середине 40-х годов Андронов занимался исследованием нелинейных систем высокого порядка, связанных с задачами автоматического управления. Он начал с систем третьего порядка, являющихся линейными за исключением одной нелинейности, возникающей за счет релейности либо кулоновского трения. Особенно интересен его метод “точечных преобразований”, впервые опубликованный в 1944 г. [14]. Андронов и его коллеги провели строгое исследование устойчивости таких систем, отыскивая неподвижные точки преобразования плоскости переключения. Техника, разработанная Андроновым и его коллегами в 1940 г., является прямым продолжением собственного метода Андронова 1920 г., использовавшегося в работе по предельным циклам, и она была последовательно распространена на пространства состояний большей размерности. Впоследствии метод был применен Андроновым и другими к различным нелинейным задачам теории управления в период 1944–1950 годов.

3. Андроновский семинар в Институте автоматики и телемеханики

В 1944 г. Андронов, исходя из своего собственного опыта обучения у Мандельштама, а также из развившегося в г. Горьком подхода к вопросам обучения и исследований, основал научный семинар в московском институте. Ядро семинара в Москве составила группа молодых исследователей, в то время как сам Андронов периодически приезжал в столицу из Горького. Семинар сразу стал событием, с которым нужно было считаться. М.В. Мееров, один из младших представителей “ядра” семинара, вспоминает в беседе с автором (ноябрь 1996 г.):

“Фактически работа семинара началась докладом А.А. Андронова, посвященным задаче Мизеса в теории прямого регулирования и теории точечных преобразований поверхностей. Трудно назвать это событие заседанием семинара. Это большое научное событие послужило таким мощным импульсом, что в дальнейшем заботиться об участниках семинара не приходилось.”

Еженедельные заседания семинара регулярно привлекали 40–60 участников – из самого Института автоматики и телемеханики, из других московских учебных и исследовательских институтов и даже из нестоличных институтов. Дискуссии охва-

тывали область всей современной теории управления; в течение нескольких первых лет главными темами были, естественно, нелинейные методы (включая применение второго метода Ляпунова), частотные методы (основывающиеся как на работе Михайлова, так и на результатах западных работ военного времени) и D -разбиение (метод описания области устойчивости, полностью разработанный Ю.И. Неймарком, одним из коллег Андропова по Горькому, и продолжающий родственные работы А.А. Соколова и М.В. Меерова).

Андронов был харизматической фигурой и вдохновляющим учителем, как во многих случаях свидетельствовали его ученики и коллеги. Достаточно будет процитировать высказывания двоих участников семинара. М.А. Айзерман писал:

“Прежде чем говорить о научных направлениях, развивавшихся в этом семинаре, я бы хотел рассказать о той необычной атмосфере, которая сложилась вокруг него. Молодость и энтузиазм участников – почти все они были однолетки, только что пережившие тяжелые годы войны, необычность и новизна возникавших идей, зажигательный талант А.А. Андропова, умевшего даже в свои частые приезды на семинар зажечь людей энтузиазмом и идеями для многих следующих заседаний, высокая научная требовательность, доходящая порой до резкости, прямота и глубокая принципиальность – все это создавало на семинаре обстановку романтической приподнятости, творческого горения, коллективного поиска, которые так редко возникают и, к сожалению, обычно не долго удерживаются в научных коллективах [15].”

И Я.З. Цыпкин столь же восторжен в своей оценке:

“Образ Александра Александровича Андропова неизгладимо запечатлелся в памяти многих людей и, в частности, людей моего поколения, знавших его лично, слушавших его лекции, видевших его в действии в дискуссиях на научных семинарах, при решении им научных проблем и чисто житейских вопросов. Трудно подобрать слова, чтобы в полной мере охарактеризовать этого замечательного человека, большого ученого, превосходного педагога, глубокого знатока истории науки, человека редкой библиографической памяти. В нем соединились такие черты, как твердость и доброта, бескомпромиссная честность и отзывчивость, большая внутренняя сила и огромное обаяние. Велико было влияние Александра Александровича на окружающих его людей [10].”

Можно оценить качество работ, возвращенных Андроновым, путем беглого взгляда на некоторые докторские диссертации, защищенные участниками опекаемого им Московского семинара в 1946–1950 гг.

- 1946 г., М.А. Айзерман. Критерии сходимости процессов автоматического регулирования, учитывающие нелинейность характеристик элементов установки.
- 1947 г., Я.З. Цыпкин. Системы с запаздывающей обратной связью.
- 1948 г., М.В. Мееров. Системы автоматического регулирования, устойчивые при сколь угодно малой статической ошибке, и следящие системы, устойчивые при любой сколь угодно малой динамической ошибке.
- 1948 г., А.А. Фельдбаум. Методы исследования переходных процессов в самонастраивающихся системах.
- 1948 г., В.В. Солодовников. Частотный метод анализа динамики следящих и регулируемых систем.
- 1950 г., Л.С. Гольдфарб. Устойчивость нелинейных систем с определенным видом нелинейной характеристики.

Отметим, что Андронов руководил и другими аспирантами и докторантами в Горьком, из них наиболее известен, вероятно, Ю.И. Неймарк.

Указанные работы демонстрируют огромную творческую смелость, которая должна была наложить отпечаток на деятельность советских исследователей в области теории управления в следующие десять или более лет. Все перечисленные исследователи стали знаменитыми в Советском Союзе, а некоторые из них получили

международное признание. В качестве примера можно указать на необычайно плодотворные следствия из “типотезы Айзермана”, касающейся поведения нелинейных систем управления при секторной нелинейности; или на работы Цыпкина – сначала теорию дискретных систем (советский контрапункт работы Джури в США), а затем теорию релейных систем управления. Аналогично, Мееров провел огромную работу, исследуя структуру систем управления, в частности, в контексте многосвязных систем (многие из его более поздних результатов все еще мало известны вне России [16]). Метод описывающей функции Гольдфарба, основанный на ранней работе Крылова и Боголюбова [17] по гармонической линейризации, стал в Советском Союзе стандартным методом (параллельные работы – Кохенбергера в США и менее известные – работа Тастена в Великобритании, Опшеля в Германии и Дутила во Франции). Более подробные ссылки можно найти в [18, 19].

Андронов не только создал плодотворную и стимулирующую интеллектуальную обстановку в Московском семинаре, также он установил тесные связи с исследователями повсюду. Особенно близкими, как и можно было ожидать, были связи между Москвой и Горьким; помимо Андропова, многие другие горьковские академики выступали с докладами в Москве. Но также существовали связи и с другими центрами – с Ленинградом, например. Действительно, вскоре в Ленинграде был организован семинар, подобный московскому, где в послевоенный период активно работали А.И. Лурье и другие выдающиеся теоретики в области теории управления.

4. Историческая связь

Обсуждение работы Андропова в области теории управления не было бы полным без рассмотрения его интереса к истории этой дисциплины. Как уже было отмечено, внимание Андропова к задачам управления первоначально вызвано проблемами, связанными с нелинейностями, такими, как кулоновское трение в цепи управления. Одна из таких задач, часто называемая в русской литературе “проблемой Вышнеградского”, восходит к попыткам в конце 19-го века промоделировать поведение паровой машины с регулятором Уатта и объяснить возникновение рывка и неустойчивости.

Оригинальный подход Вышнеградского очень высоко ценился и вне России, с ним на рубеже веков познакомились многие европейские исследователи. Однако существовали некоторые споры относительно законности выводов работы Вышнеградского (поскольку он пренебрег в своей модели сухим трением), и многие русские и иностранные авторы обвиняли его в серьезной ошибке. Вызванный первоначально все еще не решенными техническими проблемами, связанными с наличием сухого трения в контурах связи, интерес Андропова к Вышнеградскому и другим предметам теории управления 19-го века вскоре углубляется и расширяется.

При моделировании паровой машины с регулятором центробежного типа Вышнеградский пренебрег кулоновским трением и линейризировал систему относительно рабочей точки. Рассматривая машину как интегратор и регулятор как систему второго порядка, он произвел прямую замену переменных, чтобы преобразовать получаемое в результате характеристическое уравнение 3-го порядка в форму

$$\phi^3 + x\phi^2 + y\phi + 1 = 0,$$

природа корней которого определяет общую форму переходной функции системы. Параметры x и y , зависящие от таких характеристик системы, как постоянная регулятора, момент инерции и т.д., в русской и немецкой литературе стали известны как параметры Вышнеградского. Преобразованному уравнению прекрасно соответствует графический метод анализа устойчивости, как показано на рис. 1. Рисунок воспроизведен из собственной статьи Вышнеградского, но к нему были добавлены

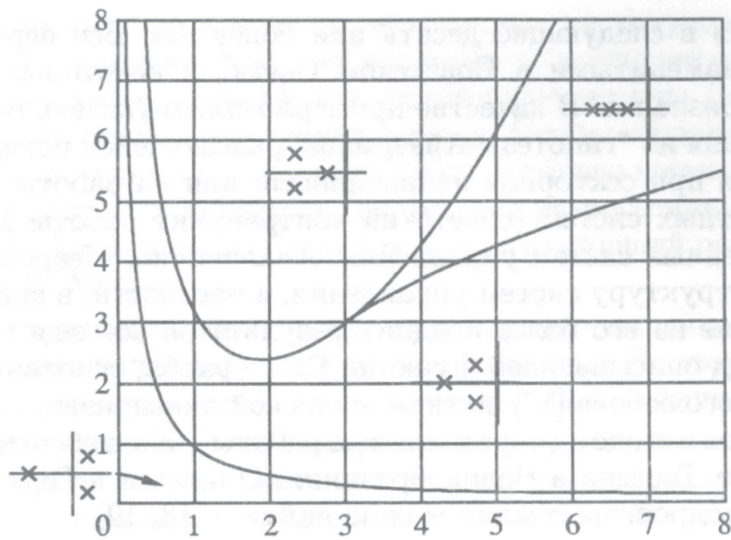


Рис. 1. Диаграмма Вышнеградского.

положения отдельных полюсов для выявления природы корней и, следовательно, переходной функции (как корректно определено Вышнеградским) в различных областях плоскости. В 1930-х годах работа Вышнеградского была известна некоторым исследователям Советского Союза в области теории управления, в частности, группе Вознесенского в Ленинграде. Благодаря подробному историческому описанию Андропова и Вознесенского, во многих послевоенных русских текстах по автоматическому регулированию встречаются диаграммы этого типа, и подход Вышнеградского также непосредственно применялся во многих новых методах анализа систем высоких порядков. А когда Неймарк развил метод D -разбиения, стало возможным демонстрировать ясную теоретическую связь между методом Вышнеградского и более поздними методами проверки устойчивости.

Андронов издавна интересовался историей науки. Еще в 1930 г. вместе со своей женой Е.А. Леонтович он опубликовал небольшую книгу о Лапласе; в 40-е годы он проводил работу, собирая материалы по биографии Лобачевского (первый русский исследователь в области неевклидовой геометрии); и, вероятно, он знал об исторических основаниях теории управления в России, даже до того, как проявил активный исследовательский интерес к истории предмета [12]. Действительно, на протяжении всей своей деятельности он подчеркивал важность для всех исследователей детального знания истории своего предмета, веря, вместе с Эренфестом, что всестороннее знание старого жизненно важно для развития нового. И.Н. Вознесенский, ленинградский коллега Андропова, с которым он повстречался в 1940 г., разделял этот глубокий интерес к истории науки. Они начали серьезное сотрудничество в 1943–1944 годах, когда Андронов предложил амбициозный исторический проект. Вначале Андронов задумал четыре тома “классики управления”: три тома, охватывающие области линейного управления, нелинейного управления и импульсных систем управления (дискретных систем), и четвертый, посвященный более общим вопросам. В конце концов, только один из них был написан, и он появился лишь в 1949 г., после смерти Вознесенского [20]. Часть предложенного проекта – перевод М.В. Мееровым классической монографии Раусса 1877 г. “Трактат об устойчивости заданного состояния движения” – столкнулся с ухудшением политического климата в стране и никогда не появился: поскольку холодная война разгоралась, стало

невозможным отмечать пионерские достижения нерусского ученого способом, предложенным Андроновым. История науки в бывшем Советском Союзе стала крайне политизированной в конце 40-х годов; идеологический контекст научной и историографической деятельности Андропова в то время является предметом дальнейших исследований автора настоящей статьи. Личные бумаги Андропова, хранящиеся в архивах Российской Академии наук, содержат много документов, отражающих ужесточение политических требований в то время.

Тем не менее, единственный действительно появившийся том представлял собой внушительный образец эрудиции, состоящий из более чем 400 страниц переводов и критического анализа основополагающих работ Максвелла, Вышнеградского и Стодолой (который применил работу Вышнеградского к управлению турбиной в Швейцарии в конце 19-го века, и кто побудил Гурвица обратиться к изучению задачи динамической устойчивости [21]). Книга получила широкую известность в кругу специалистов по управлению в Советском Союзе, и поток послевоенных русских учебников по инженерным вопросам управления стремился включить методы Вышнеградского, с его знаменитой диаграммой, а также основанные на них методы проверки устойчивости. И если, как замечено автором в ранней статье [22], идеологический подтекст работы легко просматривается (как и во многих послевоенных “технических” публикациях во многих других странах), то это не мешает ей быть первым оригинальным исследованием интеллектуальной истории теории управления, не утратившим интерес и в наши дни.

Действительно, в условиях политического климата поздних 40-х, лишь благодаря репутации Андропова он смог выполнить такой высококвалифицированный анализ, ибо сразу после войны в Советском Союзе история науки и техники рассматривалась с новых идеологических позиций. Во время войны объединение стран против Германии привело к более интернациональному подходу к истории науки. Например, как замечает Вучинич в работе [23], 300-я годовщина (в 1942 г.) со дня смерти Галилея, 300-я годовщина (в 1943 г.) со дня рождения Ньютона, и 400-я годовщина De Revolutionibus Коперника (также в 1943 г.) были отмечены во многих публикациях, что включило русскую науку в общие рамки европейских научных традиций. С началом холодной войны, однако, положение изменилось. Вучинич различает три фазы:

1943–47 гг.: историки особенно заинтересовались определением и анализом вклада России в мировой фонд научных знаний. Русская наука рассматривалась как важная составляющая главного потока международной науки;

1947–49 гг.: историки перенесли ударение с единства мировой науки на отличительные черты русской науки;

1949–52 гг.: историки были явно обескуражены, обнаружив непоследовательности и отклонения в профессиональных работах и общем поведении до-советских лидеров русской науки [...] их поощряли подчеркивать первобытную чистоту естественнонаучного материализма в до-советской России.

Возникновение и публикация работ Андропова по истории управления почти точно совпадают с этой ожесточенной политической атмосферой. Действительно, Андронов представил работу Вышнеградского на печально известную сессию Академии наук 1949 г. по “истории отечественной науки” [24]. Идеология этого собрания ясна из принятой резолюции относительно исторических исследований в науке и технике [23]:

“Опираясь на теории Маркса, Энгельса, Ленина и Сталина, эти исследования должны представлять правильную оценку движущих сил, исторических причин и социальной значимости научных и технических открытий. Они должны представить правильную периодизацию истории науки и техники, показать борьбу материализма нашей национальной науки с идеализмом и метафизикой буржуазной истории



Рис. 2. Блок-схема, показывающая некоторые факторы, влиявшие на советскую науку об управлении в послевоенные годы.

науки и техники и защитить национальные приоритеты в научных открытиях и изобретениях.”

И на этом фоне собственный вклад Андропова был неожиданно оценен, и так же как был оценен учеными вклад ранней русской работы в дальнейшее развитие теории автоматического управления.

Эффектный завершающий аккорд к Андроновской заинтересованности в развитии истории теории управления был дан появлением в 1952 г. русского перевода широко используемого немецкого учебника начала века: *Regelung der Kraftmaschinen* (Управление двигателями) Толле. Как демонстрирует хранящаяся в архивах Академии наук России переписка между Андроновым и его близким коллегой по ИАТ^у Айзерманом, они оба были вовлечены в этот проект, который в начале 50-х все еще был потенциально спорным. (Письма от Айзермана к Андронову, 5 и 17 января 1950 г., и ответ от 28 января, обсуждающие необходимость предусмотреть возможную критику, связанную с публикацией переведенной книги в серии “Классики науки”. Напомним, что незадолго до этого был отвергнут проект перевода монографии Раусса). Действительно, книга появилась в сопровождении как неподписанного редакторского предисловия, подчеркивающего приоритет русских работ, так и пятидесяти страниц детальных замечаний и комментариев Айзермана к оригинальной публикации Толля.

Если касаться более общих послевоенных работ Андропова из области теории управления, то возникает картина неувомимого и сложного взаимодействия историкографических, идеологических, педагогических и технологических аспектов. Рисунок 2 – это попытка проиллюстрировать сказанное в форме “диаграммы взаимодействия” (в которой стрелки нужно читать просто как “влияло на”).

Талантливый педагог, способный вдохновить своих студентов, Андронов еще до того, как он обратился к работам по теории управления, был ведущим ученым в своей области (нелинейной динамике) с высоким научным авторитетом в России. Дальнейшая информация о технических аспектах может быть найдена в [4], [25]; в этой статье Печенкин отмечает, что советские исследования в области нелинейной динамики опирались на собственную идеологию – “идеологию автоколебаний”. Тема нелинейной динамики была затронута еще в 1931 г., на Всесоюзной конференции по теории колебаний, как область возможного приложения научных усилий. Высокий статус этой области исследований и престиж школы Андропова – Мандельштама, повидимому, во многом определили направление работ в послевоенном советском автоматическом управлении. Кроме того, интерес круга Андропова к истории был

благосклонно принят на фоне политических послевоенных установок в отношении русской науки и техники. Историческое исследование, показывавшее в положительном свете русскую науку, могло быть смело продолжено и, более того, могло быть легко использовано для того, чтобы узаконить обучение и исследования в инженерной дисциплине, которая, как оказывалось, имела превосходную генеалогию. И весьма существенно, к примеру, что в поздние 40-е исторические исследования Андропова в Горьковском университете были отнесены в годовом плане его отдела к категории “идеологической работы и работы по истории российской науки” – наряду с деятельностью его коллег в таких областях, как политическое воспитание студентов и философия социализма.

5. Заключение

Память Александра Александровича Андропова была увековечена в Советском Союзе учреждением премии его имени; в числе лауреатов этой премии – А.Г. Бутковский, М.В. Мееров, Ю.И. Неймарк, Б.Н. Петров и Я.З. Цыпкин совместно с Б.Т. Поляком. Собрание трудов Андропова появилось в 1956 г. [26].

Сравнительно низкий уровень осведомленности Запада относительно работ Андропова как в области нелинейной динамики, так и в теории управления можно объяснить рядом факторов. Во-первых, содержание многих оригинальных работ Андропова излагалось очень сжато, и часто в них отсутствовали полные доказательства. Более глубокие изложения не появлялись даже на русском языке вплоть до самой его смерти, и даже они не были доступны большинству инженеров, работавших в области теории управления. Во-вторых, относительно мало работ Андропова появилось на Западе при его жизни, “Теория колебаний” представляет важное исключение. Большинство появившихся переводов было опубликовано после его смерти, поскольку интерес к работам Андропова возник на Западе ранее, и появились они в позднем, существенно пересмотренном виде. Подобно большинству его русских современников, Андронов публиковал результаты своих новых исследований на французском или немецком языках, – все еще главных интернациональных языках для физики и многих других наук в первой половине 20-го столетия. Далее, после середины 30-х годов на публикации советских работ за рубежом власти смотрели с растущим неодобрением, если только эти работы не были специально предназначены для распространения за границей. Андронов умер в 1952 г. в возрасте всего 51 года, задолго до того, как так называемая “современная” теория управления стала широко известна нерусским специалистам и до того, как многие направления исследований, которые он инициировал и поддержал, были полностью разработаны. Хотя некоторые западные ученые и инженеры вскоре ознакомились с тем, что исходило из Советского Союза, знание этих методов широко распространилось на Западе только много позже, когда высокоточное управление ракетными снарядами и космическими кораблями стало главной темой в Холодной Войне. В ряду главных фигур, сыгравших роль в продвижении этой работы в англоязычном мире, – С. Лефшец [7] и Н. Минорский [4]. Последний сослужил неоценимую службу, реферируя основные советские исследования в серии американских правительственных отчетов (первоначально засекреченных); они составили основу опубликованных позднее текстов. Более поздний сборник работ Андропова и его коллег опубликован по-английски в [27]. Перевод от корки до корки некоторых русских научных журналов в конце 50- и в 60-х годах (например, “Автоматики и телемеханики”, начиная с 1957 г.) сильно помог передаче знаний на Запад. Отдельные важные статьи переводились также западными военно-исследовательскими организациями с середины 50-х годов. (Интересно сопоставить этот поздний и спорадический путь передачи информации на Запад с теми усилиями, которые прилагались в России для внедрения западных достижений. В течение 30-х годов, например, Комиссия по автоматике и телемеханике принимала серьезные меры как по реферированию технической и научной литера-

туры в Европе и США, так и по связям с производителями оборудования в области инструментов и управления). В результате всего этого имена коллег и бывших аспирантов Андропова, таких, как Айзерман, Понтрягин и Цыпкин, к примеру, много лучше известны за пределами России, чем его собственное имя.

Хотя Андронов сам по себе был выдающимся физиком и теоретиком в области теории управления, возможно, его величайшим достижением был подход, при котором он развивал автоматическое регулирование как единое целое благодаря своей организационной и педагогической деятельности. В частности, способ, которым он побуждал к исследованиям и вдохновлял своих аспирантов и коллег в двух группах в Горьком и Москве, создавая интеллектуальную обстановку в Советском Союзе в послевоенные годы, где новая дисциплина смогла расцвести, обеспечил ему выдающееся место в истории автоматического управления середины двадцатого века.

В заключение автор хочет выразить свою признательность М.В. Меерову за продолжительные дискуссии и корреспонденцию по теме данной статьи, Дж.А. Баррату, покойному А.Т. Фуллеру, Е.И. Джури, покойному Я.З. Цыпкину и ряду других коллег за обсуждение первоначальных вариантов статьи. Посещения архивов Российской Академии наук (РАН) и Института проблем управления в октябре 1997 и октябре 2000 гг. субсидировались по соглашению об обмене между Британской и Российской академиями наук. За любые неточности, конечно, отвечает только автор.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Bissell C.C.* A.A.Andronov and the development of Soviet control engineering // IEEE Control Systems Magazine. 1998. V. 17. № 1. P. 56–62.
2. *Bissell C.C.* Control engineering in the former USSR: some ideological aspects of the early years // IEEE Control Systems Magazine. 1999. V. 19. № 1. P. 111–117.
3. *Andronov A.A.* Les cycles limites de Poincare et la theorie des oscillations auto-entretenues // Comptes Rendus de l'Academie des Sciences de Paris. 1929. V. 189. P. 559–561.
4. *Minorsky N.* The theory of oscillations / Surveys in applied mathematics II. Dynamics and nonlinear mechanics. N.Y.: John Wiley, 1958.
5. *Андронов А.А., Хайкин С.Э.* Теория колебаний. М.: Гостехиздат, 1937.
6. *Горелик Г.Е.* Не успевшие стать академиками / Репрессированная наука. Т. 1. Л.: 1999. С. 335–351.
7. *Andronov A.A., Khaikin S.E.* Theory of oscillations (translated and adopted by S. Lefshetz). Princeton: Princeton University Press, 1949.
8. *Андронов А.А., Витт А.А., Хайкин С.Э.* Теория колебаний. М.: Физматгиз, 1959. Английский перевод: *Andronov A.A., Vitt A.A., and Khaikin S.E.* Theory of oscillations. Oxford: Pergamon, 1966.
9. *Айзерман М.А.* Обзор деятельности А.А.Андропова в области автоматического регулирования / Памяти Александра Александровича Андропова. М.: Изд-во Академии наук СССР, 1955.
10. *Цыпкин Я.З.* А.А.Андронов и теория автоматического регулирования // АиТ. 1974. № 5. С. 5–10.
11. *Мееров М.В.* Критерии аperiodичности регулирования // Изв. АН СССР, ОТН. 1945. № 12. С. 10–17.
12. *Бойко Е.С.* Александр Александрович Андронов. М.: Наука, 1991.
13. *Bennett S.* A history of control engineering, 1930–1955. Stevenage: Peter Peregrinus, 1993.
14. *Андронов А.А., Майер А.Г.* Задача Мизеса в теории прямого регулирования и теория точечных преобразований поверхностей // Докл. АН СССР. 1944. Т. 4. № 2. С. 54–58.
15. *Айзерман М.А.* Теория автоматического регулирования и управления в Институте автоматике и телемеханики – Институте проблем управления (1939–74) / Проблемы управления. М.: Изд-во ИПУ АН СССР. 1975.

16. *Мееров М.В.* Исследование и оптимизация многосвязных систем управления. М.: Наука, 1986.
17. *Крылов Н.М., Боголюбов Н.Н.* Введение в нелинейную механику. Киев: Изд-во АН УССР. 1943.
18. *Bissell C.C.* Russian and Soviet contributions to the development of control engineering: a celebration of the Lyapunov centenary // *Trans. Inst. Measurement and Control*. 1992. V. 14. № 4. P. 170–178.
19. *MacFarlane A.G.J. (ed.)* Frequency–response methods in control systems. N.Y.: IEEE Press, 1979.
20. *Андронов А.А., Вознесенский И.Н.* О работах Д.К.Максвелла, И.А.Вышнеградского и А.Стодолы в области теории регулирования машин / Теория автоматического регулирования (Линеаризованные задачи). М.: Изд-во АН СССР, 1949.
21. *Bissell C.C.* Stodola, Hurwitz and the genesis of the stability criterion // *Int. J. Control*. 1989. V. 50. P. 2313–2332.
22. *Bissell C.C.* Textbooks and subtexts // *IEEE Control Systems Magazine*. 1996. V. 16. № 2. P. 71–78.
23. *Vuchinich A.* Empire of Knowledge. The Academy of Sciences of the USSR (1917–1970). University of California Press. 1984.
24. *Андронов А.А.* Вышнеградский и его роль в создании теории автоматического регулирования / Вавилов С.И. и др. Вопросы истории отечественной науки. М.: Изв. АН СССР. 1949. С. 500–517.
25. *Печенкин А.А.* От автоколебаний к самоорганизации: формирование синергетических идей в теории нелинейных колебаний / Концепции самоорганизации в исторической ретроспективе. М.: Наука, 1994. С. 104–124.
26. *Андронов А.А.* Собрание трудов. М.: Изд-во АН СССР, 1956.
27. *Andronov A.A.* Theory of bifurcations of dynamic systems on a plane. Jerusalem: Israel Programme for Scientific Translations, 1971.

Статья представлена к публикации членом редколлегии Б. Т. Поляком.

Поступила в редакцию 01.03.2001