



Рисунок 8

**Список литературы:** 1. *Freemann M.* Arthritis of the knee. – Berlin: Springer-Verlag, 1980. – P. 149-182. 2. *Maquet P.J.* Biomechanics of the knee. – Berlin: Springer-Verlag, 1984. – 306 p. 3. *Пустовойт Б.А., Михайлов С.Р.* Биомеханическое обоснование фронтальной остеотомии костей голени при диспластической патологии // Ортопедия, травматология и протезирование. – 2000. – №3. – С.20-25.

*Поступила в редколлегию 22.09.2006.*

УДК 681.3 (09)

**Д.В.БРЕСЛАВСКИЙ**, докт.техн.наук; **С.А.ГОРЕЛОВА**;  
**А.А.ЛАРИН**, канд.техн.наук; НТУ «ХПИ»

## **ЗАРОЖДЕНИЕ И РАЗВИТИЕ ХАРЬКОВСКОЙ ШКОЛЫ ТЕОРИИ УПРАВЛЕНИЯ**

Стаття присвячено історії зародження теорії автоматичного управління від перших робіт Максвелла, Вишнеградського та Стодоли. Розглянуто внесок харківських інженерів та вчених у її розвиток в системах регулювання в енергетиці та космічній техніці.

The paper is devoted to the genesis of Control Theory from first papers of Maxwell, Vyshnegradsky and Stodola. The contribution of Kharkiv engineers and scientists and the development of this Theory in control systems in power engineering and spacecraft technique are suggested.

Первые промышленные конструкции с характерными для систем автоматического регулирования признаками стали появляться на рубеже XVIII-XIX вв. В качестве примеров можно привести регулятор уровня воды парового котла И.И.Ползунова, устройство регулирования потока зерна на мельницах.

Однако началом систематического развития теории автоматического

управления принято считать конец XVIII века, когда практика использования паровых машин поставила задачу регулирования их хода. Именно в этот период Джеймс Уатт, используя центробежный регулятор, создает замкнутую систему регулирования, получившую широкое распространение. Центробежный регулятор Уатта послужил толчком к развитию теории автоматических систем. Был сформирован ряд принципов автоматических систем: регулирование по отклонению (принцип Ползунова-Уатта), регулирование по нагрузке (принцип Понселе). Характерным для этого периода был взгляд на регулятор, как на тахометр. Тихоходные и маломощные двигатели, большие маховики и легкие регуляторы делали актуальной только задачу получения равномерной скорости вращения машины при переменных внешних воздействиях. Первое систематическое изложение вопроса о маховых колесах и теории центробежных регуляторов дал Ж.В.Понселе, при этом работа регулятора рассматривалась только в статической постановке.

Развитие техники в XIX веке привело к увеличению мощности и скорости машин. При этом уменьшились размеры маховика и возросли требования к точности регулирования хода машин. Улучшение технологии изготовления регуляторов привело к уменьшению трения, и как следствие, к потере устойчивости. В результате на передний план выдвигается проблема устойчивости движения.

Дж. К. Максвелл в 1868 году впервые рассмотрел условия работы астатических (изохронных) регуляторов с учетом нелинейных факторов и указал, что проблема устойчивости равномерного вращения машины, снабженной регулятором, может решаться методами теории малых колебаний. Он получил условия устойчивости из анализа линеаризованных уравнений и поставил перед математиками проблему определения устойчивости линейных систем произвольной размерности.

Поскольку регулятор Уатта лишь приближенно может считаться изохронным, то П.Л.Чебышев впервые ставит вопрос о подборе параметров регулятора так, чтобы он соответствовал приближенно-изохронному и дает решение задачи соответствия каждой угловой скорости лишь для одного положения муфты [1, с. 197]. Появилось множество и других теоретических разработок, однако все они не удовлетворяли запросам практики, и стало ясно, что требуется иной подход к проблеме, а именно анализ динамического взаимодействия в системе объект-регулятор (машина-регулятор).

Этот шаг сделал видный русский ученый Иван Алексеевич Вышнеградский. Он рассматривал машину вместе с регулятором с учетом их взаимодействия как механическую систему с двумя степенями свободы и впервые применил динамический метод для исследования [2, с. 137]. В своих расчетах Вышнеградский пренебрегал силами трения, рекомендует при этом их уменьшать, улучшая качество обработки деталей. В результате Вышнеградский пришел к линейному дифференциальному уравнению третьего порядка. Для устойчивости работы регулятора он предлагал применять катаракт (демпфер). Им впервые было введено понятие областей устойчивости в пространстве параметров регулятора.

Однако вопросы устойчивости, несмотря на то, что ими занимались мно-

гие видные ученые, не получили сколько-нибудь общего и строгого решения.

Уделяя большое внимание техническому образованию в России, И.А.Вышнеградский активно участвует в создании Харьковского технологического института (ХТИ) (1885 г.), директором которого становится ученик Вышнеградского Виктор Львович Кирпичев [3, с.12].

В это же время в звании приват-доцента кафедры механики в Харьковском университете был утвержден ученик Чебышева Александр Михайлович Ляпунов, который с 1887 г. работает и в ХТИ. В этот период А.М.Ляпунов приступает к разработке новой области науки – теории устойчивости движения, и уже в 1888 г. им была опубликована первая статья по этому вопросу. В этом направлении он провел глубокое и до сих пор непревзойденное исследование, дал определение устойчивости движения, удобное для решения практических задач и проведения теоретических исследований. Для исследования устойчивости нелинейных систем А.М. Ляпунов разработал два метода. Первый связан с интегрированием исходной системы с помощью специальных рядов по степеням начальных значений, а второй связан с использованием вспомогательных функций. Второй метод Ляпунова получил большое развитие в современной математике и механике, особенно в теоретической и технической кибернетике, теории автоматического регулирования.

С 1904 года начинает преподавательскую деятельность в ХТИ ученик Жуковского, в последствии академик и крупнейший ученый-гидродинамик, сыгравший большую роль в развитии научного потенциала в Харькове, Георгий Федорович Проскура. Он впервые разработал и издал в 1911 году курс теории автоматического регулирования.

В 1921 г. по инициативе проф. П.П. Копняева был открыт электротехнический факультет, который в 1929 г. был преобразован в Харьковский электротехнический институт (ХЭТИ). В 1934/35 на электромашиностроительном факультете была организована кафедра электрификации промышленности, которую возглавил проф. Т.П.Губенко. Исследования, проводимые на этой кафедре, были тесно связаны с задачами автоматизации, выдвигаемыми активно развивающейся промышленностью, и выполнялись в тесном контакте с такими предприятиями, как ХЭМЗ и др. Выполнение этих работ сопровождалось активным использованием идей и результатов научной деятельности Вышнеградского, Ляпунова и других ученых, стоявших у истоков теории автоматического управления.

Великая Отечественная война прервала деятельность ХЭТИ, которая начала возобновляться только в 1943 г. В послевоенные годы в ХЭТИ наряду с восстановлением материальной базы восстанавливался и научный потенциал. В эти годы, особенно концу 50-х г., активизируются работы по автоматическому управлению электроприводами на кафедре «Электрификация промышленных предприятий» (ЭПП) электромашиностроительного факультета ХПИ (после объединения институтов в 1949-1950 г.), которой руководил доц. В.А.Клемин-Шаронов. Активизация была обусловлена запросами бурно развивающейся энергетики, молодой, но быстро растущей, ракетно-космической отрасли и т. п.

Возникшие проблемы были связаны с большими габаритами обрабатываемых деталей и очень высокой точностью их обработки. Очевидно, силами одной или нескольких кафедр решить все эти проблемы было невозможно, поэтому в 1960 г. было принято решение о создании в Харькове, крупнейшем промышленном центре, Харьковского филиала института автоматике при Госплане УССР. Директором филиала и его заместителем по научной работе были назначены доценты кафедры ЭПП В.Г. Гулякин и А.И. Тупицын, организаторские способности которых позволили в кратчайшие сроки организовать работу филиала. Научные отделы филиала возглавили талантливые инженеры и ученые. Среди них лауреат Сталинской премии Шабанов В.А., к.т.н. Суярко С.В., к.т.н. Макеев Б.А. и др.

Основной контингент института составили выпускники 1960 г. электромашиностроительного и радиотехнического факультетов ХПИ. За короткое время вчерашние студенты стали профессионалами высокого уровня, многие из которых впоследствии стали кандидатами и докторами наук.

В институте были выполнены работы по автоматизации управления, в том числе и создание системы числового программного управления (ЧПУ), для ряда уникальных объектов: продольно-фрезерного станка для обработки лопастей гидротурбин, тяжелого токарного станка для обработки валов паровых турбин, тяжелого токарного станка для обработки корпусов тяжелых ракет с позиционированием угла поворота вала с точностью в 7", токарно-карусельного станка для обработки корпусов ракет диаметром 4 м и высотой до 15 м с точностью позиционирования – 0,02 мм.

Институт сотрудничал с такими машиностроительными гигантами, как ХТГЗ им. Кирова (Харьков), Краматорский завод тяжелых станков (КЗТС), Новокраматорский машиностроительный завод (НКМЗ), Ростсельмаш (Ростов на Дону), Завод тяжелых станков (ЗТС, Коломна), Азовское Производственное Объединение «Кузнечно-прессовое оборудование» (АзПО КПО, Азов) и многими др.

Уже через 3 года после организации института, по инициативе к.т.н. Макеева Б. А., в нем развернулись работы по созданию автоматизированных систем управления производством (АСУП). Это направление возглавил к.т.н. Гамзатов Х.Г. Вскоре институт был переведен в Минстанкопром СССР, получил статус всесоюзного и переименован в Научно-исследовательский институт автоматизации и управления производством (НИИАП).

Начало 60-х годов в СССР характеризуется мощным развитием аэрокосмической и энергетической отраслей. Для объектов этих отраслей характерны требования высокого быстродействия, точности и надежности, сами же объекты – весьма сложные комплексы. Осуществлять анализ и синтез систем управления такими объектами методами классической теории автоматического управления было очень трудно, а чаще всего – невозможно. Насущно требовалось развитие современной теории управления, базирующейся на методах пространства состояний с использованием мощной вычислительной техники, но еще более важной была задача подготовки специалистов такого профиля.

В это время в Харькове создается мощная и перспективная организация КБ «Электроприборостроения», ныне НПО «Хартрон», которой поручается

создание современных систем управления ракет – носителей, а позже и космических объектов. На протяжении более четверти века эту организацию возглавлял известный ученый, доктор технических наук, академик АН УССР, Лауреат Ленинской и Государственной премий, дважды Герой Социалистического Труда Владимир Григорьевич Сергеев. При наличии в Харькове такой современной организации с большим научным и техническим потенциалом, крупнейший технический вуз Украины ХПИ не мог остаться в стороне, не приняв участие в подготовке специалистов для аэрокосмической отрасли.

На основе тесного взаимодействия КБ «Электроприборостроения» и ХПИ в 1964 году на инженерно-физическом факультете открывается специальность «Динамика полета и управление движением ракет и космических аппаратов». Для обеспечения учебного процесса по этой специальности 1 февраля 1964 года открывается кафедра «Автоматическое управление движением» (АУД), которой поручается подготовка инженеров-механиков-исследователей по указанной специальности. Заведующим кафедрой становится д.т.н. профессор Дабагян Арег Вагаршакович. Тогда же в 1964 г. между КБ «Электроприборостроения» и ХПИ заключается договор о целевой подготовке институтом для КБ специалистов инженеров-механиков-исследователей по специальности «Динамика полета и управление».

При создании новой специальности ее организаторы опирались на опыт подготовки инженеров – исследователей, выпускавшихся на инженерно-физическом факультете кафедрами динамики и прочности машин (на которой и работала научная группа проф. Дабагына А.В.) и физики металлов. Формируется оригинальный учебный план специальности, изюминкой которого являлось наличие мощной математической подготовки классического уровня и специальных разделов математики, в целом на уровне математического факультета университета, а также дисциплин современной теории управления.

В 1971 году на кафедре АУД открывается новая специальность «Автоматизированные системы управления производством» (АСУП). В связи с тем, что различия в программах подготовки по двум специальностям с течением времени становились все более существенными, руководством института и инженерно-физического факультета было принято решение о передаче подготовки инженеров специальности 0536 «Динамика полета и управление» на кафедру прикладной математики. В эти годы ее возглавлял декан инженерно-физического факультета д.т.н., проф. Голоскоков Евгений Григорьевич.

Кафедра, на которой проходила подготовка по специальности АСУП, в 1978 г. переименовывается в кафедру АСУ. Ее возглавляет профессор Дабагян А.В., а преподавательский состав в основном составляют выпускники специальности «Динамика полета и управление».

В начале 90-х годов в НПО «Хартрон», кроме космической тематики, решаются задачи создания систем управления «длинными» газо-, нефте- и продуктопроводами, создания систем управления энергоблоками АЭС, систем медицинской диагностики. К этим работам привлекаются специалисты - выпускники специальности «Динамика полета и управление». Тогда же, после 4-го курса, группы

начинают делиться на две подгруппы - «специализации», выпускники которых могли бы создавать системы управления ракет и космических аппаратов и систем управления энергоблоков АЭС и других объектов.

В 1992 году в результате соглашения между НПО «Хартрон» и ХПИ в связи с возросшим количеством различного рода объектов управления, для которых разрабатываются системы управления, на кафедре на базе специальности «Динамика полета и управление» создается специальность «Прикладная математика» с более широким спектром решаемых задач для управления различными техническими системами.

Начиная с выпуска 1968 г. (группа, которая была набрана на 3-й курс в 1964 г.), специальность «Динамика полета и управление» на сегодняшний день окончили более 820 инженеров – исследователей. Более 130 выпускников стали учеными – кандидатами и докторами наук, которые работают в различных отраслях народного хозяйства Украины, в том числе и в НТУ «ХПИ» (доктора технических наук, профессора – Годлевский М.Д., Куценко А.С., Александров Е.Е., доктор экономических наук, профессор Заруба В.Я.).



Рисунок 1 – Система «Энергия-Буран»



Рисунок 2 – Ракета-носитель «Зенит»

Большая часть выпускников трудится в НПО «Хартрон» (ранее КБ «Электроприборостроения»). Они составляют основной интеллектуальный потенциал предприятия. Многие из них принимали непосредственное участие в создании систем управления ракет – носителей и космических аппаратов для более, чем 800 объектов: к.т.н. Калногуз А.Н. – первый заместитель генерального директора, Макаренко А.Я. – с.н.с., Чигирев А.Г. - директор по финансам, к.т.н. Кузнецов Ю.А. – начальник сектора, Галкин Е.В. – ныне директор

по кадрам фирмы «Вестрон», Московченко В. П. – начальник сектора, и многие другие. Выпускниками кафедры разработаны и созданы системы управления такими космическими объектами, как ракетоноситель системы «Энергия-Буран», 1-й грузовой модуль «Заря» Международной научной станции «Альфа», всех пяти грузовых модулей «Квант», «Квант-2», «Спектр», «Природа» и «Кристалл» орбитального комплекса «Мир», осуществивших стыковку в автоматическом режиме и др. [4].

Приведенные факты свидетельствуют – Харьков, с самого зарождения современной теории управления, играет первостепенную роль в ее формировании, развитии и практическом воплощении. За этими фактами стоят судьбы многих замечательных людей, их идей и воплощений, о которых, к сожалению, мало что известно, а многое несправедливо забыто. Существование науки, как и общества, невозможно без знания истории их развития и это диктует необходимость тщательного изучения и исследования всего, что связано с приведенными фактами и того, что может возникнуть в результате этих исследований.

**Список литературы:** 1. История механики в России. – Киев: Наукова думка, 1987. – 392 с. 2. Геронимус Я.Л. Очерки о работах корифеев русской механики. – М.: Гостехиздат, 1952. – 519 с. 3. Харьковский Политехнический институт 1885 – 1985. История развития. – Харьков, издательство при ХГУ Изд. объединения «Вища школа», 1985. 4. Научно-производственное предприятие Харптон-Аркос. Хроника дат и событий. 1958-2002 гг. – Харьков, 2002.

*Поступила в редколлегию 21.11.2006*

УДК 539.3

**Ю.С.БУХОЛДИН**, канд.техн.наук; **В.А.ЛЕВАШОВ**, канд.техн.наук;  
ОАО «Сумское НПО им Фрунзе»;  
**Г.И.ЛЬВОВ**, докт.техн.наук; **О.А.КОСТРОМИЦКАЯ**; НТУ «ХПИ»

### **ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ МЕХАНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК МАТЕРИАЛА НА ХАРАКТЕР ДЕФОРМИРОВАНИЯ РАБОЧИХ КОЛЕС ЦЕНТРОБЕЖНЫХ КОМПРЕССОРОВ**

В роботі досліджується вплив величини границі текучості по напруженням на характер пружно-пластичного деформування і пружного розвантаження робочого колеса, що знаходиться під дією інерційного навантаження. За допомогою багатьох варіантів розрахунків методом скінчених елементів показано, що є, так би мовити, критичне значення границі текучості по напруженням. Матеріали, що мають границю текучості нижче цього критичного значення не рекомендується використовувати для виробництва робочих коліс відцентрових компресорів, бо це призведе до перерозподілу картини деформування, появи великих згинаючих моментів і переміщень, які після розвантаження колеса не зникають.

The influence of a yield stress value on character of elastoplastic deformation and elastic unloading of the working wheel under inertial loading is investigated. The realization of the large number of calcula-