

# Инновационный путь развития производства спироидных передач и редукторов в рамках вуза

*В статье описаны этапы инновационного развития производства спироидных передач и редукторов на базе возможностей вуза. Показано, что именно инновационная поддержка Министерства высшего образования РФ оказала решающее значение на это развитие, благодаря которой удалось создать одно из ведущих предприятий для производства наукоемких импортозамещающих редукторов трубопроводной арматуры, не имеющих аналогов в мировой практике.*

**Ключевые слова:** инновационное развитие, наукоемкие спироидные передачи и редукторы, производство, высшая школа.



**В. И. Гольдфарб,**  
*д. т. н., профессор,*  
**Ижевский государственный технический**  
**университет им. М. Т. Калашникова**  
*veniamingoldfarb@yahoo.com*

## Введение

Само по себе понятие «инновационный» стало уже достаточно традиционным и прозрачным, предполагающим вложение определенных ресурсов в создание и освоение производства новых конкурентоспособных наукоемких изделий, технологий, материалов, интеллектуальных продуктов и т. д. Сразу замечу, что при упоминании указанного понятия механизмы его использования в подавляющем большинстве случаев не описаны, хотя это является как правило принципиальным, определяющим успех использования применяемых (вкладываемых) ресурсов. Для зубчатых передач, являющихся супертрадиционным видом техники, процесс создания различных видов и разновидностей, освоения производства, совершенствования которых исчисляется столетиями, также характерен инновационный путь развития, в различном объеме и сроках, применяемый в разные периоды. В этом отношении не составляют исключения и спироидные передачи, первое и достаточно подробное описание конструкции и метода проектирования которых было дано в работах [1-3] и др., а пионером в организации их производства и внедрения в различные области техники стала корпорация Illinois Tool Works (США), издавшая каталоги с рекламой успешного применения передач в станкостроении, подъемно-транспортной и военной технике, точных приборах и других областях. В настоящей работе основное внимание будет уделено тому, как и когда инновационный путь стал фундаментом развития отечественного производства спироидных передач и редукторов нового поколения в высшей школе.

## Разработка теории проектирования и практики внедрения спироидных передач и редукторов в СССР

Информация по данному вопросу содержится в большом количестве публикаций [4, 5] и многих других. Поэтому ограничимся лишь краткой констатацией направлений выполненных в тот период работ и некоторых их результатов. В СССР первыми, практически почти сразу после появления американских публикаций в конце 1950-х гг., кто стал заниматься изучением спироидных передач, были молодые ученые Ижевского механического института (с 1993 г. Ижевский государственный технический университет) Б. Д. Зотов и Н. С. Голубков. Кстати, первая в СССР кандидатская диссертация, посвященная исследованию этих передач, была выполнена Н. С. Голубковым. Были изготовлены и испытаны первые образцы спироидных редукторов, один из которых достаточно долго эксплуатировался на Ижевской ТЭЦ, и сделана попытка разработать методику их инженерного расчета. Более серьезное развитие эти работы получили в лаборатории спироидных передач (ЛСП), организованной в 1965 г. А. К. Георгиевым. Исследования и разработки в ЛСП велись в различных направлениях: создание геометрической теории спироидных передач и метода их инженерного расчета, разработка новых разновидностей передач с последующим их патентованием, в том числе за рубежом, разработка конструкции редукторов общемашиностроительного и специального применения, изготовление опытных образцов передач и редукторов, поведение их стендовых испытаний, разработка терминологического ГОСТ и ряда отраслевых стандартов.

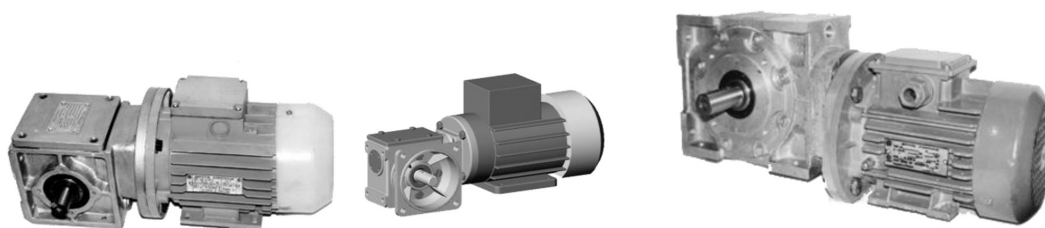


Рис. 1. Серийные образцы спироидных мотор-редукторов

Указанные работы выполнялись как правило либо в инициативном порядке, либо по договорам с промышленными предприятиями, на которые передавалась разработанная конструкторско-технологическая и другая документация, судьбу дальнейшего использования которой решало само предприятие. При такой постановке вопрос об инновационном развитии в принципе не стоял, в особенности с учетом того, что бюджетное финансирование вузовских проектов осуществлялось по остаточному принципу, то есть после финансирования академической и отраслевой науки. Начиная с 1980-х гг. центр тяжести работ в области разработки, исследования, внедрения в производство спироидных передач стал активно смещаться в СКБ передач (СКБП), организованное В. И. Гольдфарбом и преобразованное в 1994 г. в Институт механики (ИМ) ИжГТУ, ставший основным российским (а по многим направлениям и международным) научным центром в этой области. Направления работ в СКБП были связаны с развитием геометрической теории спироидных передач, упорядочиванием структуры их проектирования, созданием на этой основе диалоговой программной САПР «SPDIAL», ставшей основным средством проектирования передач, разработкой конструкции, технологии изготовления опытных образцов передач и редукторов, проведением численных и экспериментальных исследований основных показателей качества передач и многие другие работы, без которых не обходится процесс создания и внедрения в производство новых изделий. В 1980-е гг. было впервые освоено серийное производство на заводе «Точмаш» (г. Чайковский) спироидных мотор-редукторов для транспортных модулей ГАП, механизмов стружкоборки металлорежущих станков, специальных механизмов поворота для вакуумных установок и ряда других. Некоторые образцы этих мотор-редукторов показаны на рис. 1.

Указанные работы выполнялись также по договорам с предприятиями и не носили выраженный инновационный характер.

### **Инновационный этап развития производства передач и редукторов**

Известные события политического и экономического характера в России в начале 1990-х гг. привели к резкому падению производства, закрытию многих предприятий и, как следствие, к резкому уменьшению объемов финансирования вузовских (и отраслевых) разработок, для которых хоздоговор был основным ресурсным источником. В этот период ответственное

государственное решение принимает Министерство высшего образования РФ, организовав 6 первых инновационных программ для поддержки вузовских научных школ. Это по сути дела историческое решение, значение которого трудно переоценить, сыграло роль не только в сохранении вузовского научного потенциала, но и в развитии ряда школ, появлении новых прогрессивных разработок, конкурентоспособных на мировом рынке.

Одной из указанных программ была ФЦП (Федеральная целевая программа) «Трансфертные технологии», среди головных вузов по которой был назначен Саратовский ГТУ (научный руководитель профессор В. Р. Атоян). Обязательным условием участия в ФЦП было показать заинтересованность промышленности (например, в виде договора) в результатах того или иного проекта. При этом объем бюджетного безвозвратного финансирования по проекту во многом зависел от объема договора. Именно в эту программу был включен проект СКБП ИжГТУ на разработку и освоение производства наукоемких спироидных редукторов. В течение 2 лет сформировался пакет проектов по тематике, связанной с передачами. Приняв во внимание актуальность данного направления и с учетом роли, которую играют зубчатые передачи в технике, руководство отдела инновационных научно-исследовательских программ МВО принимает решение выделить самостоятельную Федеральную программу «Прогрессивные зубчатые передачи», поручив роль головной организации к тому времени уже организованному вместо СКБП Институту механики ИжГТУ, объединившему многие научные школы в области зубчатых передач вузов России. Таким образом начался инновационный этап не только разработки и развития производства передач и редукторов, в частности спироидных, но и активного развития фундаментальной и прикладной составляющих теории проектирования и создания новых видов передач, который продолжается и укрепляется по настоящее время.

### **Инновационное развитие производства спироидных редукторов трубопроводной арматуры**

Именно в эти годы возникла и благодаря бюджетной поддержке Министерства была быстро реализована идея создания самостоятельного производства наукоемких спироидных редукторов и мотор-редукторов на базе имеющегося в распоряжении университета оборудования в виде научно-производственного инновационного предприятия «Механик», на котором совместно и при научно-техническом сопровождении Института

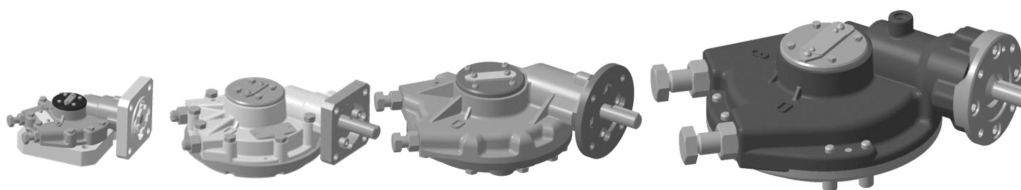


Рис. 2. Образцы четвертьоборотных спироидных редукторов ТПА третьего поколения

механики сначала было освоено производство спироидных мотор-редукторов малых типоразмеров (нагрузочный момент до 100 Н·м), а с середины 1990-х гг. по заказу ООО «Самараволгомаш», изготавливавшего шаровые краны для трубопроводов, начато специализированное производство спироидных редукторов трубопроводной арматуры (ТПА) [6]. Таким образом был создан и начал эффективно функционировать научно-производственный и образовательный инновационный комплекс, при этом существенно возросла эффективность решения образовательных проблем в связи с привлечением дополнительных средств. Становление и развитие этого инновационного комплекса сопровождалось:

- 1) разработкой новых методов расчета передач и редукторов, работающих в условиях эксплуатации приводов ТПА — низкие скорости вращения, высокие нагрузочные и, в особенности, перегрузочные моменты, возникающие как правило при открытии и закрытии арматуры, широкий диапазон рабочих температур (от  $-60^{\circ}\text{C}$  до  $+50^{\circ}\text{C}$  и выше), жесткие требования в отношении надежности и долговечности. Создание таких методов расчета, которые в доступной литературе не описаны, является одним из ключевых вопросов разработки приводов ТПА;
- 2) разработкой унифицированных конструкций редукторов, что является особенно важным в условиях большой вариативности технических требований к редукторам одного типоразмера и отсутствием соответствующей жесткой нормативной базы;
- 3) масштабными экспериментальными исследованиями, которым предшествовало создание соответствующего испытательного оборудования, для проверки адекватности созданных расчетных моделей, определения реальных технических характеристик редукторов и возможных причин выхода их из строя, решением многих других задач оценки их прочности, надежности, долговечности;

- 4) созданием и освоением прогрессивной технологии изготовления, гарантирующей высокое качество изделий и рентабельность их производства в условиях жесткой конкуренции и экспансии зарубежных производителей на отечественном рынке.

Очевидно, что без инновационной поддержки было бы затруднительно (или точнее сказать невозможно) выполнить такой объем работ за короткий срок. Успешно развивающееся производство четвертьоборотных редукторов ТПА для управления арматурой поворотного действия (шаровые краны, затворы) и многооборотных редукторов для управления арматурой прямоходного действия (заслонки, задвижки) повлекло за собой появление дополнительных ресурсов, которые было принято направлять на инновационное развитие производства, тем более, что финансирование по инновационным программам было постепенно свернуто в конце 1990-х гг. За прошедшие с начала работ (1995) годы создано 3 поколения четвертьоборотных и 3 поколения многооборотных редукторов ТПА (рис. 2, 3) [7, 8]. В настоящее время освоенная в серийном производстве номенклатура четвертьоборотных редукторов насчитывает 10 наименований (каждое из которых может иметь несколько модификаций) с нагрузочными моментами от 500 Н·м до 64000 Н·м и передаточными отношениями от 6 до 80 в одноступенчатом и от 100 до 4000 и более — в двухступенчатом исполнении и 4 типоразмера многооборотных редукторов. Указанные инновации, выражающиеся:

- а) в развитии теории проектирования передач с учетом множества факторов, действующих в реальном зацеплении (погрешности изготовления и монтажа, деформации звеньев и другие);
- б) приобретении современного оборудования, позволяющего повысить производительность и качество обработки, сократить время исполнения заказов и увеличить их объем;
- в) разработке новых технологий изготовления передач;

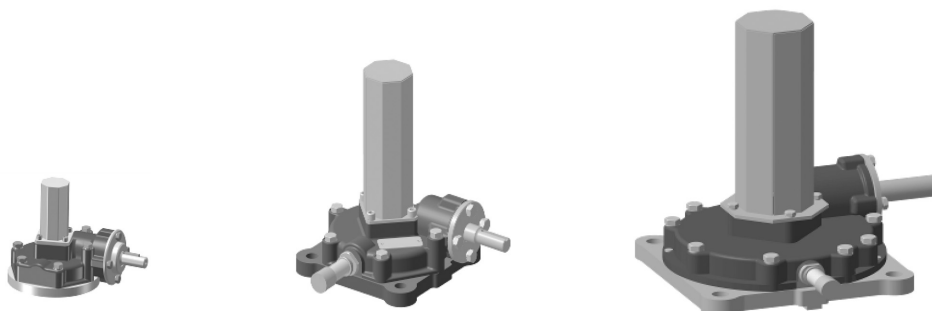


Рис. 3. Образцы многооборотных спироидных редукторов ТПА третьего поколения

- г) создании новых конструкций, отвечающих современным требованиям рынка;
- д) поиске новых материалов и смазок и т. д., по сей день являющихся надежной основой инновационного развития производства редукторов ТПА.

Замечу здесь, что созданное уникальное инновационное производство (предприятие «Механик» является эксклюзивным в мире производителем спироидных редукторов ТПА) стало в России одним из первых специализированных самостоятельных редукторных производств в арматуростроении, а разработанные, освоенные в производстве и серийно производимые спироидные редукторы ТПА по своим показателям не уступают многим лучшим зарубежным образцам, создавая благоприятные предпосылки для решения актуальной задачи импортозамещения.

Можно сделать еще ряд важных замечаний. Благодаря инновационной поддержке удалось:

- 1) развить международное сотрудничество в области передач и трансмиссий, организовав соответствующую международную программу с участием научных школ технических университетов Братиславы (Словакия), Брно (Чехия), Мишкольца (Венгрия), Софии (Болгария), Варшавы (Польша); при этом каждая сторона выделяла свою долю в финансировании программы;
- 2) организовать издание международного журнала «Передачи и трансмиссии», который затем стал официальным журналом Международной федерации по ТММ.

Инициатива во всех этих новациях принадлежала Институту механики, что безусловно укрепляло не только его отечественный, но и международный авторитет, подтвердив его статус ведущей отечественной научной школы в области зубчатых передач. Еще замечу, что к выполнению всех указанных работ активно привлекались студенты, магистры и аспиранты, реализуя образовательный аспект деятельности созданного научно-образовательного и производственного комплекса Института механики.

## Заключение

Важный итог приведенного краткого обзора заключается в том, что реализация инновационных этапов развития производства спироидных передач

и редукторов в рамках высшей школы оказалась изначально возможной благодаря государственной бюджетной поддержке. Не все научные школы смогли пройти аналогичный путь по разным причинам, но указанная поддержка для ряда из них оказалась решающим стимулом развития и укрепления. Созданное на ее базе инновационное предприятие «Механик» укрепило как инновационные возможности самого производства, так и возможности развивать науку и практику спироидных передач на высоком современном уровне.

### Список использованных источников

1. O. Saari. Speed reduction gearing. Pat. USA № 26996125, 1954.
2. O. Saari. Pat. USA № 29547046, 1961.
3. W. D. Nelson. Spiroid gearing//Machine Design, № 3, p. 136-144; № 4, p. 93-100; № 4, № 5, p. 165-171. 1961.
4. V. I. Goldfarb. What we know about spiroid gearing//Proceedings of the International Conference on Mechanical Transmissions. China, Vol. 1, Science Press, 2006. P. 19-26.
5. В. И. Гольдфарб. Развитие теории и практики спироидных передач//Труды международного симпозиума «Теория и практика зубчатых передач», Ижевск, 2014. С. 56-65.
6. В. И. Гольдфарб, Д. В. Главатских, Е. С. Трубачев, А. С. Кузнецов, В. М. Лукин, Д. Е. Иванов, В. Ю. Пузанов. Спироидные редукторы трубопроводной арматуры. М.: Вече, 2011. – 222 с.
7. В. И. Гольдфарб, Е. С. Трубачев, А. С. Кузнецов. Сопоставительный анализ поколений спироидных редукторов трубопроводной арматуры//Арматуростроение, № 1, 2015. С. 72-79.
8. В. И. Гольдфарб, Е. С. Трубачев, А. С. Кузнецов. Возможности и проблемы импортозамещения на рынке редукторов ТПА// Арматуростроение, № 2, 2015. С. 34-39.

### Innovative way of development of production spiroidnyh gears and gearboxes in the framework of the university

**V. I. Goldfarb**, Doctor of Technical Sciences, Professor, Izhevsk State Technical University n. a. Mikhail Kalashnikov.

This article describes the stages of development of innovative production spiroid gears and gearboxes on the basis of high school opportunities. It has been shown that it is an innovative support of the RF Ministry of Higher Education had a crucial importance to this development, through which managed to create one of the leading enterprises for the production of import-substituting high-tech gear of pipe fittings, which have no analogues in the world practice.

**Keywords:** innovative development, high-tech spiroid transmission and gearboxes, manufacturing, high school.