

УДК 621.833.3

DOI: 10.22213/2410-9304-2017-1-9-12

В. И. Гольдфарб, доктор технических наук, профессор  
ИжГТУ имени М. Т. Калашникова

## ИННОВАЦИОННЫЙ ПУТЬ РАЗВИТИЯ ПРОИЗВОДСТВА СПИРОИДНЫХ ПЕРЕДАЧ И РЕДУКТОРОВ

*В статье дается описание разработки теории проектирования и практики внедрения спироидных передач и редукторов в России, перечислены этапы инновационного развития производства спироидных передач и редукторов. Становление и развитие этого инновационного производства сопровождалось разработкой новых методов расчета передач и редукторов, работающих в условиях эксплуатации приводов трубопроводной арматуры, разработкой унифицированных конструкций редукторов, масштабными экспериментальными исследованиями, которым предшествовало создание соответствующего испытательного оборудования, а также созданием и освоением прогрессивной технологии изготовления, гарантирующей высокое качество изделий и рентабельность их производства в условиях жесткой конкуренции. Показано, что именно инновационная поддержка 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:** спироидные редукторы, трубопроводная арматура, инновационное развитие производства.

### 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 заметим, что при использовании 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, совершенствование которых исчисляется столетиями, также характерен инновационный путь развития, в различном объеме и сроках, применяемый в различные 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 других, 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.

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

Информация по данному вопросу содержится в большом количестве публикаций, например [4, 5]. Поэтому ограничимся лишь краткой констатацией направлений, выполненных в тот период работ, и некоторых их результатов. В СССР первыми, поч-

ти сразу после появления американских публикаций в конце 50-х годов, кто стал заниматься изучением спироидных передач, были молодые ученые Ижевского механического института (с 1993 года 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 году 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. 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.

Начиная с 80-х годов 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 году 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, создания 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 80-е годы 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.

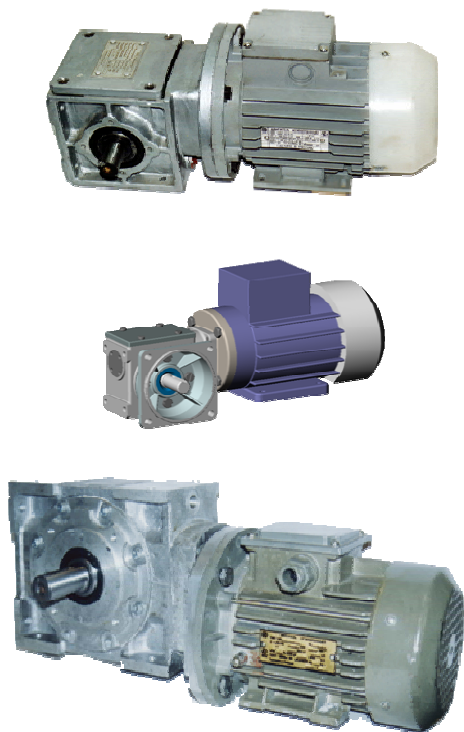


Рис. 1. Серийные образцы спироидных мотор-редукторов

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 90-х годов 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, организовав 6 первых иннова-

ционных 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», одним из головных вузов по которой был назначен Саратовский ГТУ (научный руководитель проф. 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 ИжГТУ в лице СКБП 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 (руководитель Г. Г. Андреев) 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 разработки и развития производства передач и редукторов, в частности спироидных, который продолжается и укрепляется по настоящее время в несколько иной форме.

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

Именно в эти годы возникла и благодаря бюджетной поддержке МВО была быстро реализована идея создания самостоятельного производства наукоемких спироидных редукторов и мотор-редукторов на базе имеющегося в распоряжении ИМ оборудования в виде научно-производственного инновационного предприятия «Механик», на котором сначала было освоено производство спироидных мотор-редукторов малых типоразмеров (нагрузочный момент до 100 Нм), а с середины 90-х годов по заказу ООО «Самараволгомаш», изготавливавшего шаровые краны для трубопроводов, начато специализированное производство спироидных редукторов трубопроводной арматуры (ТПА) [6].

Становление и развитие этого инновационного производства 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  $-60$  до  $+50$  °С 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 затрудни-

тельно (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 (затворы, заслонки) 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 90-х годов. 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 до 64000 Нм и передаточными отношениями от 6 до 80 в одноступенчатом и от 100 до 4000 и более – в двухступенчатом исполнении и 4 типоразмера многооборотных редукторов.

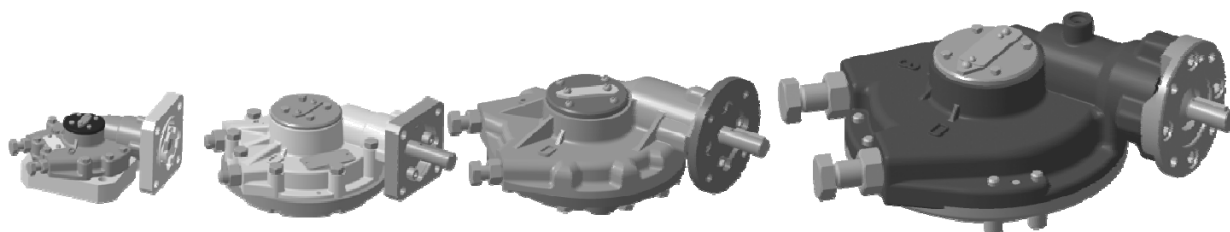


Рис. 2. Образцы четвертьоборотных спироидных редукторов ТПА третьего поколения

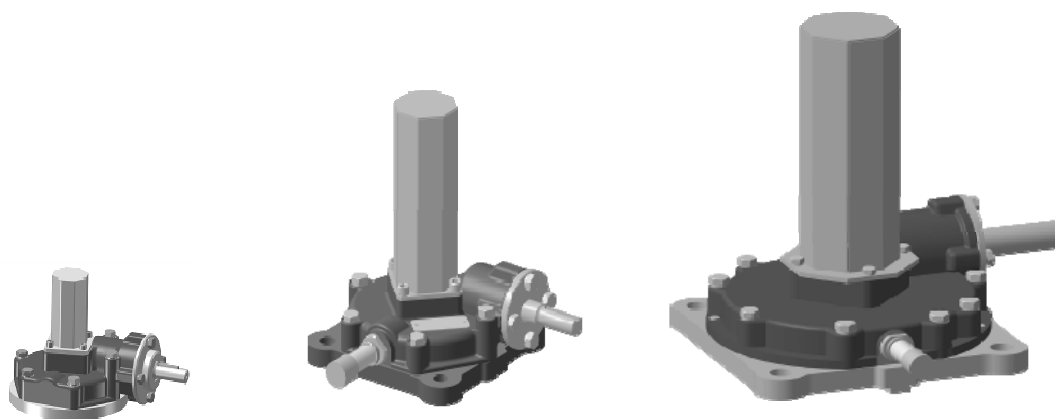


Рис. 3. Образцы многооборотных спироидных редукторов ТПА третьего поколения

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

Заметим, что созданное уникальное инновационное производство (предприятие «Механик» яв-

ляется 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.

### Заключение

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

### Библиографические ссылки

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

\*\*\*

V. I. Goldfarb, DSc in Engineering, Professor, Kalashnikov ISTU

### Innovative Way of Developing the Production of Spiroid Gears and Gearboxes

*The paper presents the description of the development of the theory of design and practice of implementation of spiroid gears and gearboxes in Russia. Stages of innovative development of spiroid gears and gearbox production are described. Mastering of this innovative production has been accompanied by the development of new methods for calculation of gears and gearboxes operating within extreme conditions for pipeline valves; development of unified layouts of gearboxes, large-scale experimental investigations preceded by development of the corresponding testing equipment, and also by creation and development of progressive manufacturing techniques that guarantee high quality of products and efficiency of production within high business struggle. It is shown that it is an innovation support that crucially promoted this development; consequently, it became possible to create one of the leading enterprises for production of science intensive import substituting gearboxes for pipeline valves that do not have analogs in the world practice.*

**Keywords:** spiroid gearboxes, pipeline valves, innovative development of production.

Получено: 3.03.17