

Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation  
Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education  
«National Research Tomsk Polytechnic University» (TPU)  
30, Lenin ave., Tomsk, 634050, Russia  
Tel. +7-3822-606333, +7-3822-701779,  
Fax +7-3822-606444, e-mail: tpu@tpu.ru, tpu.ru  
OKPO (National Classification of Enterprises and Organizations):  
02069303,  
Company Number: 027000890168,  
VAT/KPP (Code of Reason for Registration)  
7018007264/701701001, BIC 016902004

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
федеральное государственное автономное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Национальный исследовательский  
Томский политехнический университет» (ТПУ)  
Ленина, пр., д. 30, г. Томск, 634050, Россия  
тел.: +7-3822-606333, +7-3822-701779,  
факс +7-3822-606444, e-mail: tpu@tpu.ru, tpu.ru  
ОКПО 02069303, ОГРН 1027000890168,  
ИНН/КПП 7018007264/701701001, БИК 016902004

УТВЕРЖДАЮ  
Проректор по науке ФГАОУ ВО  
«Национальный исследовательский  
Томский политехнический  
университет» доктор химических  
наук, профессор  
  
/М.С. Юсубов/  
« 14 » 2021 г.  


## ОТЗЫВ

ведущей организации о диссертационной работе

**Смирнова Владимира Викторовича**

«Обоснование выбора кинематических схем и совершенствование метода геометрического расчета механизмов планетарных роторных гидромашин с плавающими сателлитами», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.02.02 - Машиноведение, системы приводов и детали машин

### **Актуальность темы исследований.**

В современных условиях развития техники ни одна отрасль промышленности, транспорта и сельского хозяйства не может обойтись без гидравлических машин. Использование гидравлических машин позволяет существенно уменьшить количество звеньев кинематических цепей, приводит к уменьшению массы машины и обеспечивает более рациональную компоновку при сложном пространственном расположении рабочих органов. В последнее время за рубежом начали применяться весьма перспективные планетарные роторные гидромшины (ПРГМ) с некруглыми центральными зубчатыми колесами. Более широкое практическое использование ПРГМ сдерживается

общей слабой изученностью темы и, в частности, отсутствием достаточно простых методик проектирования некруглых зубчатых колес ПРГМ, доступных для специалистов машиностроительных предприятий. Актуальность диссертации В.В. Смирнова определяется, в первую очередь, поставленной целью: «повышение эффективности проектирования механизмов планетарных роторных гидромашин с плавающими сателлитами за счет рационального выбора их кинематических схем и разработки инженерного метода геометрического расчета». Об актуальности темы исследования косвенно свидетельствует то, что в течение последних четырех лет оно выполнялось при поддержке РФФИ (региональные гранты №17-48-450262 и №19-48-450001).

### **Достоверность и обоснованность результатов.**

Работа выполнена на высоком научно-техническом уровне. Исследования базируются на теории механизмов и машин, теории зубчатых зацеплений и реализуются с помощью систем компьютерной математики. Изготовление зубчатых венцов выполнено на современном оборудовании с ЧПУ. Корректность разработанных расчетных методик подтверждена экспериментально. Качество ряда конструктивных решений подтверждается экспертными заключениями по патентам на изобретения и полезные модели. Основные положения диссертационной работы многократно обсуждались на международных и всероссийских научно-технических конференциях. По теме диссертации опубликовано 29 работ, в том числе 9 статей в рецензируемых журналах, входящих в перечень ВАК, 3 статьи в журналах, индексируемых базой Scopus.

### **Научную новизну работы составляют:**

1. Оригинальная классификация объемных гидромашин с позиций структуры кинематических цепей, ограничивающих рабочие камеры, которая позволяет определить место ПРГМ среди прочих гидромашин. Разработанная классификация кинематических схем ПРГМ, включающая новый признак «характер движения ведущего звена», которая позволила получить полный перечень возможных схем ПРГМ, в том числе ранее неизвестных;
2. Новый подход к геометрическому синтезу ПРГМ, при котором за



основу взята траектория движения центров сателлитов, описываемая циклической функцией. Лично автором получена зависимость для определения, входящего в циклическую функцию коэффициента «некруглости» траектории, рассчитываемого через углы давления в зацеплениях, а также аналитические зависимости для нахождения коэффициентов длин центровых траекторий сателлитов. В отличие от ранее существовавшего, предлагаемый в работе метод синтеза ПРГМ, не требует промежуточных построений и корректировок;

3. Разработанный расчетный метод нахождения размеров сечений подводящих каналов ПРГМ, применимый как к односекционным, так и многосекционным гидромашинам с расположением каналов в солнечном колесе или эпицикле, который в отличии от существовавшего ранее метода не требует графических построений.

**Практическую ценность имеют:**

1. Инженерная методика геометрического расчёта некруглых зубчатых звеньев ПРГМ, не требующая промежуточных геометрических построений и корректировок;

2. Сравнительный анализ различных схем ПРГМ по критериям: производительности, сечения каналов, остаточных объемов. Что позволило выбрать наиболее предпочтительные схемы для сжимаемых и несжимаемых рабочих сред;

3. Положительные результаты испытаний гидромашин, изготовленных по 2Д технологиям. Доказана возможность использования пакетной конструкции некруглых зубчатых звеньев ПРГМ.

Важным результатом работы является сделанный вывод о пригодности ПРГМ не только и не столько для гидромашин, работающих на жидкостях при достаточно высоком давлении, но использование этих машин для газообразных сред, в частности, вакуумных насосов. Предложенная в результате исследования конструкция двухступенчатого вакуумного насоса, принята к внедрению на предприятии АО «Курганавторемонт».

## **Структура и объём работы.**

Диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения, библиографического списка использованной литературы, включающего 175 наименований, 2-ух приложений. Работа изложена на 156 страницах машинописного текста, содержит 105 рисунков, 20 таблиц и приложений на 6 страницах.

**Материалы автореферата полностью отвечают содержанию диссертации.** Диссертация и автореферат написаны ясным, технически грамотным языком.

## **Замечания по работе:**

1. Вы пишете (стр. 112), «чтобы исключить перетечки среды между камерами, необходимо выполнять канал с сечением, совпадающим с окружностью впадин сателлита», т.е. каналы в торцевых крышках ротора не могут быть больше чем сателлит. Если это так, то зачем привели приближенную формулу (56) для расчета сечения канала, в которых это условие не соблюдается?

2. В заголовке таблицы 14 (стр. 113) упоминается площадь сечения каналов, выполненных в цилиндрической поверхности солнечного колеса, но в самой таблице эта площадь не приведена.

3. Описание (стр. 38) предложенной в диссертации Ан И-Кана методики геометрического синтеза зубчатых колес планетарной гидромашин с упоминанием буквенных обозначений, без необходимых рисунков не имеет смысла.

4. По поводу прочностного расчет зубьев:

- стр. 46, наверное, не «изгибная прочность зуба не зависит от модуля», а давление среды, ограничиваемое изгибной прочностью зуба, не зависит от модуля?

- стр. 125 недостаточно объяснено принятое упрощение расчета параметра  $u$  – местного передаточного отношения от сателлита к солнечному колесу;



5. Представляют интерес конструктивные решения касающиеся выполнения каналов в «теле» центральных зубчатых колес. К сожалению эти вопросы не нашли никакого отражения в диссертации.

6. Изготовление наборного сателлита ничем не обосновано. Существуют достаточно простые и надежные технологии производства круглых шестерен.

7. Почему в качестве материала некруглых зубчатых колес использовался термопластичный полимерный материал? Известно, что такие пластики имеют низкую термостойкость и высокий коэффициент теплового расширения.

8. В некоторых случаях в тексте диссертации допущены неточности в принятых обозначениях:

- на стр. 18 подряд используется два слова «является»;
- в таблице 1 (стр.27) число зубьев центрального колеса с наружными зубьями обозначено –  $n$ , как в первоисточнике, а не  $M$  как указано в предыдущем абзаце диссертации;
- на стр. 40 совершено лишнее слово «обычно»;
- на стр. 64 использован неудачный термин «плоско-объемные» гидромашины;
- на рисунках 76 и 77 (стр. 116 и 118 соответственно) присутствует обозначение  $\gamma'$ , которое не пояснено в тексте диссертации.

9. В тексте диссертации имеются отдельные пунктуационные и стилистические ошибки.

**Сделанные замечания не влияют на общую положительную оценку диссертационной работы**

#### **Заключение.**

Диссертационная работа Смирнова Владимира Викторовича «Обоснование выбора кинематических схем и совершенствование метода геометрического расчета механизмов планетарных роторных гидромашин с плавающими сателлитами» является законченным научным исследованием по актуальной теме. В работе представлены результаты, имеющие важное научное

и практическое значение для специальности 05.02.02 - Машиноведение, системы приводов и детали машин. Результаты исследований, представленные в диссертации, вносят существенный вклад в решение актуальной проблемы совершенствования методов проектирования машин и механизмов.

Диссертационная работа соответствует критериям, установленным пп. 9-14 Положения о порядке присуждения ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. №842, а ее автор В.В. Смирнов, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.02.02 - Машиноведение, системы приводов и детали машин.

Диссертационная работа и отзыв обсуждены на заседании Отделения общетехнических дисциплин Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет».

Исполняющий обязанности руководителя  
Отделения общетехнических дисциплин  
ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский  
Томский политехнический университет»  
кандидат технических наук, доцент  
(634050, г. Томск, проспект Ленина, д. 30)  
тел. раб.: 8 (3822) 60-60-74  
e-mail: [epashkov@tpu.ru](mailto:epashkov@tpu.ru)

 Пашков Е.Н.

Профессор Отделения общетехнических дисциплин  
ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский  
Томский политехнический университет»  
доктор технических наук  
(634050, г. Томск, проспект Ленина, д. 30)  
тел. раб.: 8 (3822) 60-60-74  
e-mail: [an@tpu.ru](mailto:an@tpu.ru)

 Ан-И-Кан

И.о. ученого секретаря

 Е.А. Кулинич