

## ОТЗЫВ

официального оппонента о диссертации А.А. Протопопова "Моделирование динамики ротора и выбор оптимальных конструктивных параметров малорасходного центробежного насоса", представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.02.01 - Теоретическая механика

Целью работы Протопопова А. С. является разработка методики проектирования малорасходных насосов.

В настоящее время возрастает потребность в разработке новых эффективных малорасходных центробежных насосов, применяющихся в различных отраслях промышленности, таких как авиация, космонавтика, медицина, роботостроение. Характерной проблемой для насосов такого типа является недостаточное развитие методик проектирования, так как методология концептуального проектирования центробежных насосов ориентируется на расходы рабочей жидкости свыше 100 – 300 миллилитров в секунду. В малорасходных центробежных насосах, где расход может быть менее 30 миллилитров в секунду, необходимо применять специальные методики, чтобы избежать существенных погрешностей, которые возникают из-за нарушения подобия гидродинамических процессов, для которых были созданы существующие на данный момент методики расчета центробежных насосов. Также на данный момент не существует методики концептуального проектирования малорасходных центробежных насосов с учетом динамики ротора, действующих на ротор сил, их влияния на всплытие ротора, ресурс насоса.

Все вышеуказанное обеспечивает актуальность представленной к защите диссертационной работы.

Научная новизна исследований и полученных результатов включают в себя нижеперечисленные положения:

1. В методику расчета малорасходного насоса включена возможность оценки динамических характеристик насоса, в частности, способность ротора к самовсплытию, время

всплытия ротора с момента пуска, график переходных процессов угловой скорости и высоты всплытия ротора.

2. Реализован новый подход к выбору частоты вращения вала насоса для малорасходных центробежных насосов, основанный на поиске компромисса между радиальным габаритом рабочего колеса и ресурсом насоса.
3. Реализован новый метод получения оптимальных основных конструктивных параметров полуоткрытого рабочего колеса малорасходного центробежного насоса.

Практическая значимость заключается в том, что разработанная методика позволяет осуществлять расчет и концептуальное проектирование малорасходных центробежных насосов с расходом менее 30 миллилитров в секунду. Достоверность полученных результатов подтверждается обоснованностью используемых математических моделей и сравнением результатов экспериментов с прогнозной характеристикой.

Содержание работы изложено на 131 странице, включая 73 рисунка и 16 таблиц. Диссертация состоит из введения, четырех глав, выводов и результатов. Список литературы включает 65 ссылок. По теме диссертации представлено 18 научных публикаций, из которых 5 работ опубликовано в журналах, входящих в перечень изданий, рекомендованных ВАК.

В данной работе рассмотрены две конструктивных схемы – горизонтальный ротор с гидростатическими подшипниками, вертикальный ротор с шарикоподшипниками, обе схемы с полуоткрытыми рабочими колесами. Для конструктивной схемы с горизонтальным ротором с гидростатическими подшипниками наиболее актуальной задачей является математическая модель пуска такого насоса. Эта проблема, в частности, характерна для малорасходных центробежных насосов, применяемых в космической технике. Для решения этой задачи была получена методика динамического расчета процесса пуска ротора с гидростатическими подшипниками, способная предсказать переходный процесс изменения от времени угловой скорости и высоты всплытия ротора. В насосах вертикальной схемы с шарикоподшипниками наиболее актуальной проблемой является выбор оптимальной частоты вращения ротора. В работе диссертанта найдены критерии, по которым можно осуществить выбор оптимальной частоты вращения ротора

малорасходного насос и предложена методика выбора оптимальной частоты вращения на основе критериев ресурс – радиальный габарит. На базе полученного в работе математического аппарата разработана методика выбора основных параметров и расчета характеристик малорасходных центробежных насосов, которая проверена в ходе экспериментальных исследований вариантов малорасходных центробежных насосов, проведенных автором. Научные положения и выводы, сформулированные в диссертации достаточно обоснованы.

Содержание диссертации соответствует требованиям ВАК, установленным к кандидатским диссертациям, включает в себя совокупность новых научных результатов и положений, их обоснование и применение к практическим задачам проектирования малорасходных центробежных насосов. Личный вклад автора обоснован и подтвержден. Диссертация является законченной научно-квалификационной работой. Содержание автореферата полностью отражает основные положения, изложенные в диссертации. Диссертация написана технически грамотным языком, содержит логически стройный материал.

При рассмотрении диссертационной работы считаю необходимым обратить внимание на следующие замечания:

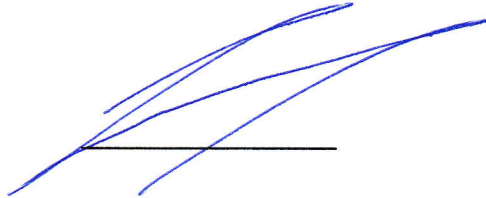
- 1) В диссертации нет четкого определения границ параметров малорасходного насоса, для которых разработана методика проектирования;
- 2) В диссертации нет полного обоснования по отказу от критериев кавитационного качества при выборе частоты вращения;
- 3) В формулах используются внесистемные единицы измерения, при этом в пояснениях единицы измерения не указаны;
- 4) В кинематической диаграмме для сечения на выходе центробежного колеса угол отставания потока назван углом атаки;
- 5) имеются опечатки в формулах (3.21), (3.24) на стр.56;
- 6) В экспериментальных данных нет результатов по КПД насосов.

Указанные недостатки не влияют на общую положительную оценку диссертации, которая является законченной научно-квалификационной работой, выполнена на высоком научном уровне и содержит решение важной и сложной задачи, связанной с математическим моделированием и динамикой роторов малорасходных центробежных насосов.

Результаты диссертации А.А. Протопопова полно представлены в его публикациях и правильно отражены в автореферате.

Считаю, что работа " Моделирование динамики ротора и выбор оптимальных конструктивных параметров малорасходного центробежного насоса" удовлетворяет требованиям Положения ВАК, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.02.01 - теоретическая механика, а ее автор – Протопопов Александр Андреевич - заслуживает присуждения ему искомой степени.

Отзыв составил официальный оппонент



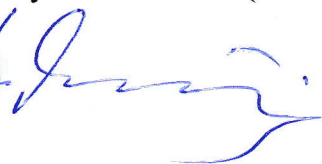
**Тимушев Сергей Федорович**

Профессор кафедры ракетных двигателей Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)», доктор технических наук  
Адрес: 125993, г. Москва, Волоколамское шоссе, д. 4  
Телефон: +7 (499) 158-43-51  
Электронная почта: irico.harmony@gmail.com

Отзыв составлен «17» 08 2018 г.

Подпись Тимушева С.Ф. заверяю:

Директор института №2 МАИ (НИУ)



Монахова В.П.