

АННОТАЦИЯ

к диссертационной работе на соискание ученой степени доктора философии (PhD)
8D07110 – «Цифровая инженерия машин и оборудования»

АҚАНОВА ГҮЛДАНА ҚАЙРАТҚЫЗЫ

УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ КОНСТРУКЦИЙ ТУРБОМАШИН С СООСНЫМ РАСПОЛОЖЕНИЕМ РАБОЧИХ КОЛЕС

Оценка современного состояния решаемой научно-технической проблемы

Совершенствование современных конструкций турбомашин идет по пути дальнейшего увеличения удельной мощности, при одновременном ужесточении требований по энергоэффективности, надежности и ресурсу. Решение этих проблем сопровождается применением принципов многокаскадности, модульности, усложнением геометрических форм и т.д.

Проведенный анализ работы существующих конструкций турбомашин выявил наличие значительного числа недостатков при их работе. Данные недостатки выражаются в виде: узкого диапазона эффективной работы, низкой энергоэффективности работы на нерасчетных режимах, несовершенством многоступенчатых конструкций, а именно наличие элементов с высоким значением гидравлических потерь (переводных каналов и направляющих устройств), низким значением КПД установок при их совместной работе.

Обоснование необходимости проведения данной научно-исследовательской работы

В настоящее время для устранения существующих недостатков конструкций турбомашин, многие исследователи идут по пути совершенствования конструктивных элементов (корпуса, рабочих колес, направляющих, регулирующих устройств) либо систем привода. Однако следует отметить, что внедрение таких технических решений позволяет лишь незначительно повысить эффективность работы установок данного типа. Для дальнейшего расширения области эффективного использования установок, в условиях часто изменяющегося технологического процесса, требуется поиск новых путей и методов совершенствования конструкций турбомашин.

Одним из таких путей может стать применение принципа, заложенного в основе работы соосных турбомашин, а именно в многоступенчатых конструкциях, где движение потока текучего (вода, воздух, газ) осуществляется напрямую от колеса к колесу без применения промежуточных переводных каналов и направляющих устройств.

Научные исследования по теме диссертации осуществлялись в рамках проведения экспериментов в ФГБОУ ВО «МГТУ им. Г.И. Носова» (Протокол технического совета от 17.08.2022).

Сведения о планируемой научно-технологическом уровне разработки, о патентных исследованиях и выводы из них

Научно-технологический уровень разработок в диссертации соответствует мировым тенденциями, а результаты превосходят по многим параметрам существующий уровень известных разработок: по теме исследований проведен анализ по проведенным исследованиям в глубину 10-15 лет, который показал отсутствие аналогичных исследований. По результатам исследований по теме диссертации следующее:

1) Результаты исследований приняты к внедрению в АО «Келет» для практической реализации при разработке технического задания по модернизации центробежных насосных установок с соосным расположением рабочих колес (Акт внедрения).

2) Основные положения и рекомендации внедрены в лекционные курсы дисциплин «Методические принципы и решения при проектировании горных машин и стационарных установок», «Моделирование рабочих процессов горных машин и оборудования», «Машины и оборудование непрерывного действия», входящих в учебный план магистров направления подготовки 7М07111–Цифровая инженерия машины и оборудования и студентов специальности 6В072400 – Технологические машины и оборудование КазННТУ им. К.И. Сатпаева (Акт внедрения от 17.06.2022).

2) Методика проектирования турбомашин с коаксиальным расположением рабочих колес используется в учебном процессе ФГБОУ ВО «МГТУ им. Г.И. Носова» (Акт внедрения).

Актуальность исследования

Актуальность темы экспериментов заключается в том, что отсутствие на данный момент методик расчета многоступенчатых турбомашин с соосным расположением рабочих колес и опыта экспериментальных исследований не позволяет качественно и количественно оценить энергоэффективность работы турбомашин с данным конструктивным технологическим исполнением.

Специфичность использования турбомашин промышленными предприятиями заключается в проявлении нестационарных (внештатных) режимов работы, эксплуатация в которых приводит насос к повышенной нагруженности его конструкции, а также к снижению наработки на отказ.

Таким образом, комплекс теоретических и экспериментальных исследований влияния нестационарных режимов работы на эксплуатационную надежность турбомашин и разработка научно-обоснованных рекомендаций, направленных на устранение отрицательного воздействия режимов представляют собой актуальную научно-практическую задачу.

Целью работы является повышение работоспособности и энергоэффективности турбомашин путем совершенствования их конструктивно-технологических схем и режимов работы с соосно установленными рабочими колесами.

Идея работы заключается в том, что повышение работоспособности и энергоэффективности турбомашин достигается за счет обоснования рациональных технологических и геометрических параметров и режимов работы турбомашин с соосным расположением рабочих колес, исключая потери напора и торможение течения в неподвижных элементах конструкций турбомашин.

Задачи исследования:

– Анализ существующих критериев выбора геометрических параметров турбомашин;

– Исследование процесса энергообмена в межлопаточном пространстве турбомашин на основе известных математических моделей и теорий, описывающих движение потока течения;

– Разработка методики проектирования конструктивных параметров турбомашин с соосным расположением рабочих колес;

– Разработка алгоритма выбора рациональных режимов работы и значений конструктивных геометрических параметров турбомашин для условий горно-металлургического и нефтедобывающего производств;

– Изготовление натурных моделей для выполнения экспериментальных исследований по установлению напорно-расходных и механических характеристик, а также оценки эффективности турбомашин с соосным расположением рабочих колес.

Научные положения, выносимые на защиту:

1. Снижение гидравлических потерь энергии за счет исключения систем переводных каналов, направляющих и спрямляющих аппаратов достигается путем установления закономерностей энергообмена течения в межлопаточном пространстве

турбомашин с соосно расположенными рабочими колесами, что позволяет уменьшить гидравлические потери до 23%.

2. Расширение диапазона энергоэффективной работы турбомашин с соосным расположением рабочих колес на 56% и максимальными значениями КПД достигается путем рационального соотношения режимов работы и значениями геометрических параметров рабочих колес.

3. Величина энергообмена и КПД турбомашин с соосным расположением рабочих колес определяется степенью реакции лопаток на наружной ступени установки.

Научная новизна результатов исследований заключается в следующем:

1. Разработана математическая модель процесса энергообмена в межлопаточном пространстве соосно расположенных рабочих колес с учетом взаимного влияния рабочих колес друг на друга.

2. Впервые установлены аналитические зависимости потерь энергии в рабочих колесах от изменения скорости движения потока текучего при его замедлении и ускорении в соосно расположенных рабочих колесах.

3. Установлены рациональные значения геометрических параметров и режимов работы соосно расположенных рабочих колес турбомашин, которые позволяют достигнуть снижения гидравлических потерь на 23%, а также способствуют повышению выходных напорно-расходных параметров нагнетателя – по давлению до 75%, – по расходу до 60%, при неизменных габаритных размерах установки.

Практическая значимость работы

1) Впервые предложена и научно обоснована методика проектирования турбомашин с соосным расположением рабочих колес, позволяющая производить выбор геометрических и режимных параметров их работы.

2) Относительное расхождение полученных экспериментальных и теоретических данных составляет не более 10%.

3) Разработанный метод расчета проточных частей турбомашин на основе оптимизации алгоритмов имитационно-математических моделей гидродинамики жидкостей с использованием программного комплекса Ansys, может быть рекомендован проектным организациям, научно-исследовательским учреждениям и производственным предприятиям для использования при проектировании, эксплуатации и совершенствовании турбомашин на стадии их проектирования.

Методология и методы исследований

Использованы методология теоретического, математического анализа и методы теории надежности и обработки статистических и экспериментальных данных исследований в лабораторных условиях.

Моделирование колебательных процессов в турбомашине с соосным расположением рабочих колес проводилось с помощью численных трехмерных гидродинамических моделей. Работа выполнена с использованием численного метода конечных объемов. Расчеты проводились с использованием систем инженерного анализа Ansys CFXu Flow Vision HPC.

Личный вклад соискателя состоит в анализе и обобщении результатов выполненных исследований, формулировании цели и задач исследований; разработке математической модели по определению рациональных геометрических и режимных параметров работы турбомашин с соосным расположением рабочих колес; проведении полного цикла натурных экспериментальных исследований.

Обработка результатов исследований

Экспериментальные исследования проводились:

1) С использованием лабораторных стендов кафедры «Горные машины и транспортно-технологические комплексы» Магнитогорского государственного технического университета им. Г. И. Носова в диссертационной работе были проведены

экспериментальные работы;

2) Обработка экспериментальных данных проводилась в соответствии с алгоритмом обработки детерминированных и стохастических данных с учетом предельной абсолютной погрешности (Приложении 3).

3) На основании обработки и анализа экспериментальных данных получены следующие результаты:

- Определена достоверность работоспособности турбомашин с соосным расположением рабочих колес;

- Доказано, что расширение диапазона энергоэффективной работы турбомашин с соосным расположением рабочих колес достигается за счет установления рациональных геометрических параметров и режимов работы насоса с соосным расположением рабочих колес (вращение рабочих колес в одном и противоположном направлениях).

Апробация работы. Основные положения и научные результаты обсуждались на международных научно-технических конференциях:

1) На технических семинарах кафедры «Технологические машины и транспорт» КазНИТУ им.К.И. Сатпаева и кафедры «Горные машины и транспортно-технологические комплексы» Магнитогорского государственного технического университета им. Г. И. Носова.

2) Ways to reduce hydraulic losses in pumps designed for pipeline transportation of liquids (конференция) Электронный Сборник трудов Международной научно-практической конференции «XIII International Scientific Conference «Transport problems». 2021. стр.1-14, ISBN 978-83-959742-1-2 A. Śladkowski, S. Podbolotov, A. Kolga, I. Stopovskikh.

3) Improvement of control systems for hydraulic drives of technological machines(конференция, статья) Электронный 4rd International scientific and technical conference “Innovative development of resource-saving technologies and sustainable use of natural resources”, Petroşani, Romania, Volume 4, 2021, pp. 194-196, ISSN 2734- 6935, ISSN-L 2734-6935 A.D. Kolga, I.P. Golchak

4) Increasing the energy efficiency of turbomachines based on the modification of the elements of their flow path (конференция) Электронный Вестник КазНИТУ им. К.И.Сатпаева, Алматы, 2022г. Язык: русский; Том 1.

Публикации. По материалам диссертации опубликовано 2 статьи в изданиях, рецензируемых международными реферативными базами данных Scopus и Web of Science, 2 статьи в журналах, включенных в перечень изданий, рекомендованным Комитетом по контролю МОН РК, 4 доклада на международных конференциях.

Вклад диссертанта в подготовку публикаций

1. **«Ways to reduce hydraulic losses in multistage centrifugal pumping equipment for mining and oil-producing industries».** Подбор материалов для обзора, написание обзора и введения, обработка и описание результатов экспериментов, написание заключения.

2. **«Choosing the flow part geometric shape of the dredge pumps for viscous fluid»** Поиск публикаций для обзора и его написание, написание разделов: методика исследований, результаты исследований, оформление графиков, ответы на замечания рецензентов.

3. **Коммутация гидравлических линий по методу электрогидравлической аналогии.** Написание разделов: введение, методика исследований, математическая обработка и обсуждение результатов экспериментов, оформление статьи.

4. **Совершенствование конструкции турбомашин.** Составление плана статьи, написание разделов: обсуждение результатов исследований и заключения, оформление статьи

5. **Ways to reduce hydraulic losses in pumps designed for pipeline transportation of liquids // «XIII International Scientific Conference «TRANSPORT PROBLEMS».** – Katowice,

Poland. Разработка плана доклада, подбор и систематизация материалов, написание двух разделов, выступление на конференции.

6. **Improvement of control systems for hydraulic drives of technological machines** 4rd International scientific and technical conference “Innovative development of resource-saving technologies and sustainable use of natural resources”. Petroșani, Romania – 2021. Разработка плана доклада, подбор и систематизация материалов, написание двух разделов, выступление на конференции.

7. **Совершенствование конструкции клапанного узла штанговых скважинных насосов** // Труды Сатпаевских чтений. – Алматы, 2020. Разработка плана доклада, подбор и систематизация материалов, написание двух разделов, выступление на конференции.

8. **Increasing the energy efficiency of turbomachines based on the modification of the elements of their flow path** // Proceedings of the international scientific and practical conference "Satbayev conference - 2022. Trends in modern scientific research". – Almaty, 2022. Разработка плана доклада, подбор и систематизация материалов, написание двух разделов, выступление на конференции.

Структура и объем диссертации

Диссертация состоит из введения, 4 разделов и заключения, изложенных на 120 страницах, содержит 70 рисунков, 20 таблиц, список литературы из 41 наименований и 3 приложений.