

**АВТОНОМНАЯ НЕКОММЕРЧЕСКАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ
ПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ
МОСКОВСКИЙ МЕЖДУНАРОДНЫЙ КОЛЛЕДЖ
ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ
«АКАДЕМИЯ ТОП»**

Курсовая работа

Уровень профессионального образования:

Среднее профессиональное образование

Программа подготовки специалистов среднего звена по специальности:

09.02.07 Информационные системы и программирование

Квалификация: Программист

Тема: Динамика работы гидравлического насоса

наименование темы

Преподаватель:

Черемисина Н.Д.

подпись

Обучающийся:

Поликарпов А.В.

подпись / дата

Выборг, 2024

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
ГЛАВА 1 ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ	5
1.1 Основные понятия и определения	5
1.2 Типы гидравлических насосов	6
ГЛАВА 2 АНАЛИЗ ДИНАМИЧЕСКОЙ РАБОТЫ АКСИАЛЬНО- ПОРШНЕВОГО НАСОСА	7
2.1 Принцип действия аксиально-поршневого насоса. Сравнение аксиально- поршневого насоса с аксиально-плунжерным насосом.....	7
2.2 Расчеты основных параметров	12
2.3 Пример расчета для конкретной системы	12
ГЛАВА 3 ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ	14
ГЛАВА 4 ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ	20
4.1 Основные результаты исследования	20
4.2 Рекомендации по улучшению эффективности работы насоса	20
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	21
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	22

ВВЕДЕНИЕ

Гидравлические насосы играют ключевую роль в современных инженерных системах, обеспечивая передачу энергии от источника к исполнительным механизмам. Эффективное использование этих устройств требует глубокого понимания их динамических характеристик, что особенно важно при разработке и эксплуатации сложных машин и оборудования.

Актуальность данной темы обусловлена необходимостью повышения энергоэффективности и надежности гидравлических систем, а также оптимизации их работы в различных условиях эксплуатации.

Целью настоящей курсовой работы является исследование динамических характеристик аксиально-поршневого насоса и анализ его работы в реальных условиях эксплуатации. Для достижения этой цели необходимо решить следующие задачи:

Изучить основные принципы работы гидравлических насосов и их типы.

Провести анализ динамических процессов в аксиально-поршневом насосе.

Разработать методику расчета основных параметров насоса.

Провести экспериментальные исследования и проанализировать полученные данные.

Сделать выводы и предложить рекомендации по повышению эффективности работы насоса.

Курсовая работа состоит из введения, пяти глав, списка литературы и приложений. Во введении обосновывается актуальность выбранной темы, формулируются цель и задачи исследования, а также описывается структура работы. В первой главе рассматриваются теоретические аспекты работы гидравлических насосов, даются основные определения и классификации. Вторая глава посвящена анализу динамической работы аксиально-поршневого насоса, включая расчеты основных параметров. Третья глава содержит описание методики проведения эксперимента и анализ полученных

результатов. В четвертой главе представлены выводы и рекомендации по результатам проведенного исследования. Завершает работу список использованной литературы и приложения с дополнительными материалами.

ГЛАВА 1 ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ

1.1 Основные понятия и определения

Разберем следующие понятия, законы и уравнение, которые мы будем рассматривать в данной работе.

Давление – это сила, действующая на единицу площади поверхности. В контексте гидравлики давление выражается в паскалях (Па) или барах (бар). Формула для вычисления давления (1.1):

$$P = F \times A \quad (1.1)$$

где F – сила, A – площадь поверхности.

Объемный расход – это количество жидкости, которое проходит через насос за единицу времени. Обычно измеряется в литрах в минуту (л/мин) или кубических метрах в час (м³/ч). Формула для расчета объемного расхода (1.2):

$$Q = \frac{V}{t} \quad (1.2)$$

где V – объем жидкости, t – время.

Мощность – это энергия, передаваемая насосом за единицу времени. Измеряется в ваттах (Вт) или лошадиных силах (л.с.). Формула для расчета мощности (1.3):

$$P = F \times v \quad (1.3)$$

где F – сила, v – скорость.

Коэффициент полезного действия (КПД) – отношение полезной мощности к потребляемой мощности. Выражается в процентах. Формула для расчета КПД (1.4):

$$\eta = \frac{P_{\text{полез}}}{P_{\text{потр}}} \times 100\% \quad (1.4)$$

Закон Паскаля гласит, что давление, приложенное к жидкости, передается одинаково во всех направлениях. Это свойство используется в гидравлических системах для передачи усилий на большие расстояния.

Уравнение Бернулли описывает соотношение между давлением, скоростью потока и высотой жидкости в системе. Оно имеет вид (1.5):

$$\frac{v^2}{2g} + \frac{p}{\rho g} + z = \text{const} \quad (1.5)$$

где v – скорость потока, p – давление, ρ – плотность жидкости, g – ускорение свободного падения, z – высота над некоторым уровнем.

1.2 Типы гидравлических насосов

Гидравлические насосы делятся на следующие типы:

1. *Шестеренные насосы* просты по конструкции и широко применяются для перекачки жидкостей с низкой вязкостью. Их принцип работы основан на вращении двух шестерен внутри корпуса, которые захватывают жидкость и перемещают ее от входа к выходу (Рис.1).

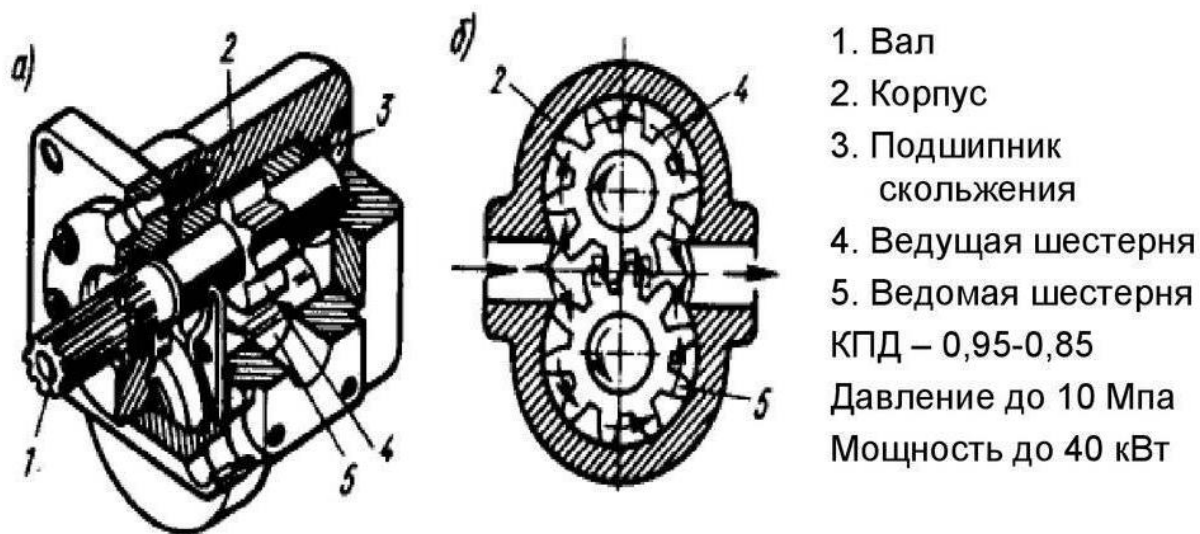
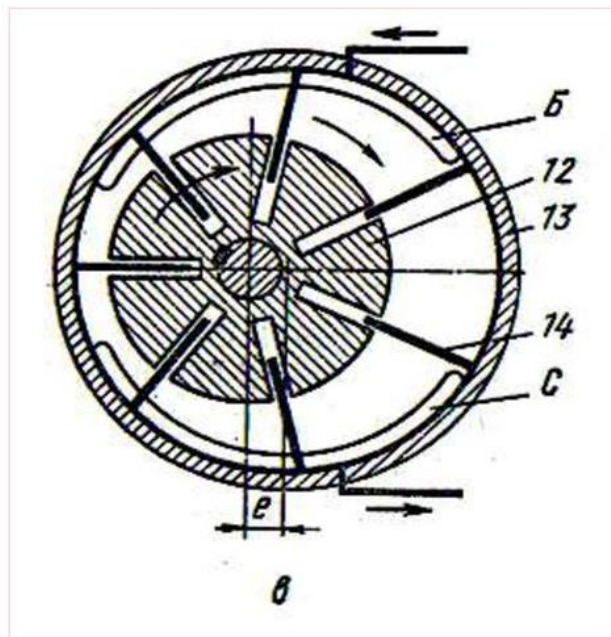


Рисунок 1 Схема шестеренного насоса

2. *Пластинчатые насосы* обеспечивают более равномерную подачу жидкости, чем шестеренные, однако они требуют регулярного обслуживания. В них используются подвижные пластины, которые перемещаются вдоль ротора, создавая переменный объем для захвата и перемещения жидкости

(Рис.2).



Б – всасывающая полость

С – нагнетательная
полость

е- эксцентриситет

12. Ротор

13. Корпус

14. Пластина

КПД – 0,8-0,85

Давление до 18 МПа

Мощность до 10 кВт

Рисунок 2 Схема пластинчатого насоса

3. *Аксиально-поршневые насосы* применяются в системах высокого давления и обеспечивают высокую производительность. В них поршни расположены параллельно оси вращения вала, что позволяет эффективно передавать усилие от двигателя к жидкости (Рис. 3).

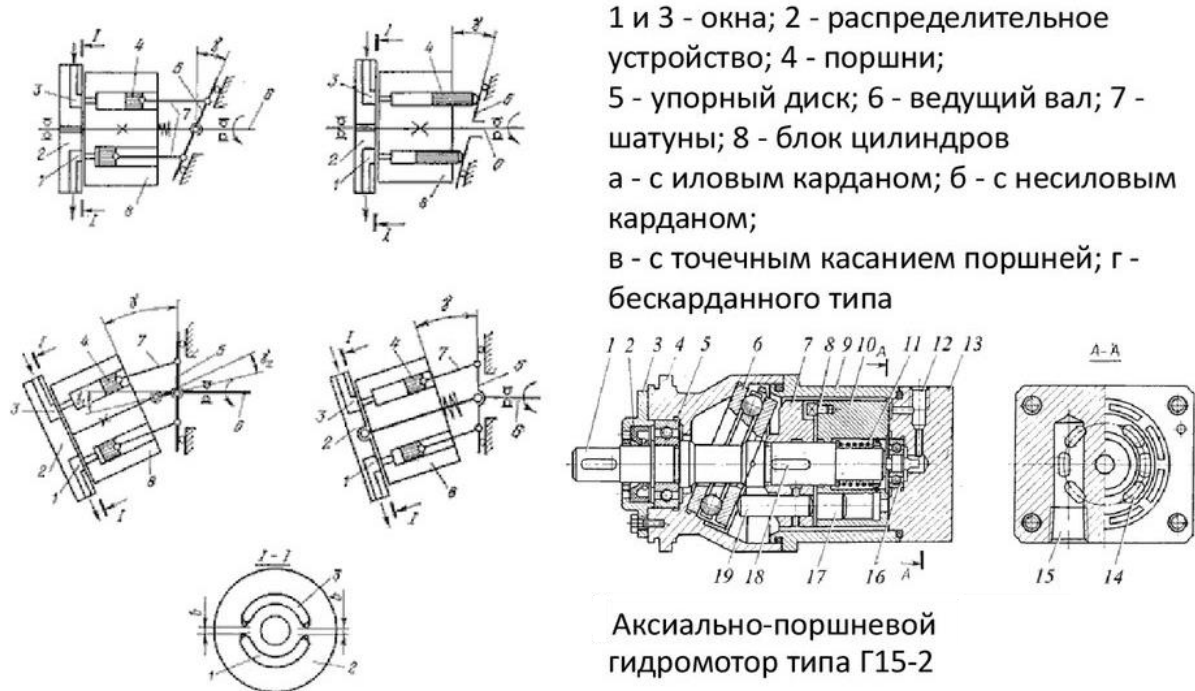


Рисунок 3 Схема аксиально-поршневого гидромотора

4. *Радиально-поршневые насосы* используются там, где требуется высокая точность регулирования давления. Поршни в этих насосах расположены радиально относительно оси вращения вала, что обеспечивает плавное изменение объема рабочей камеры (Рис.4).

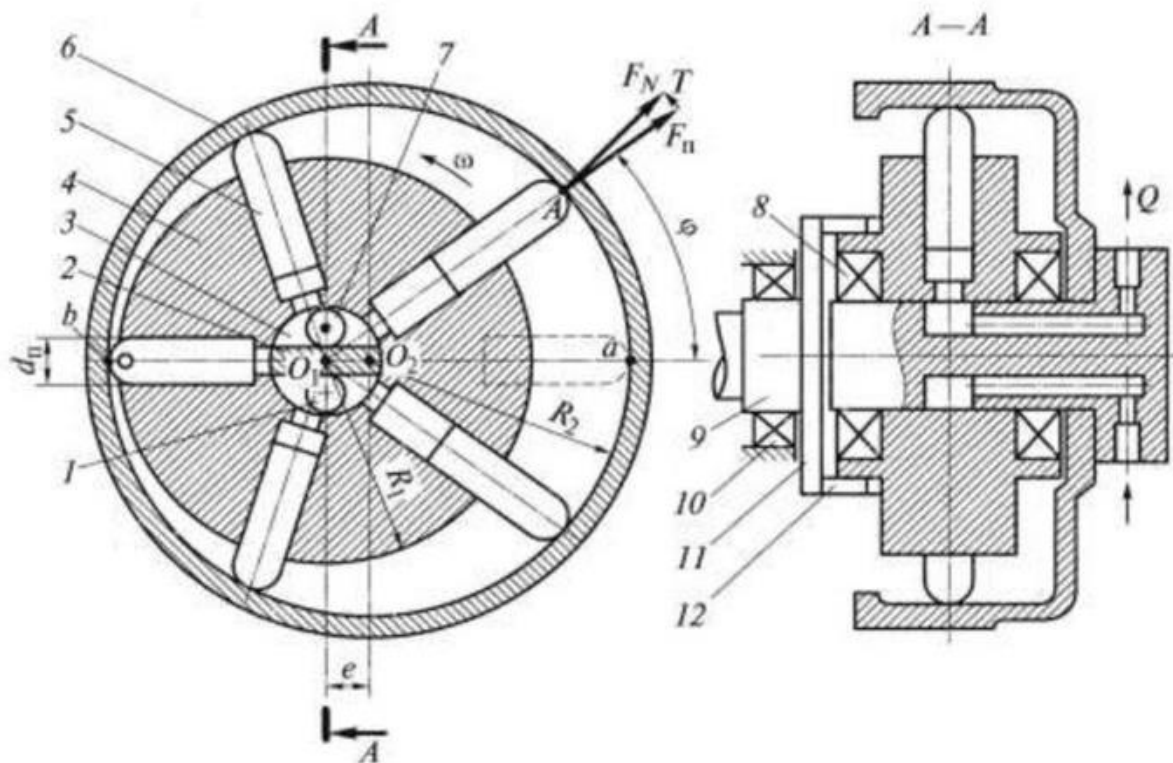


Схема радиально-поршневого насоса однократного действия:

1 — осевой канал для подвода жидкости; 2 — перемычка; 3 — распределительная втулка; 4 — ротор; 5 — поршни; 6 — внешний статор; 7 — осевой канал для отвода жидкости; 8 — подшипники ротора; 9 — вал; 10 — подшипники вала; 11 — водило; 12 — ведущие пальцы; φ — угловая координата поршня; ω — частота вращения ротора; e — эксцентриситет; a, b — наружная и внутренняя «мертвые» точки; $d_{\text{п}}$ — диаметр поршня; R_1, R_2 — радиус ротора и статора соответственно; $F_{\text{п}}$ — сила давления жидкости на поршень; F_N, T — две составляющие реакции поршня на силу давления $F_{\text{п}}$

Рисунок 4 Схема радиально-поршневого насоса однократного действия

ГЛАВА 2 АНАЛИЗ ДИНАМИЧЕСКОЙ РАБОТЫ АКСИАЛЬНО-ПОРШНЕВОГО НАСОСА

2.1 Принцип действия аксиально-поршневого насоса. Сравнение аксиально-поршневого насоса с аксиально-плунжерным насосом.

Аксиально-поршневой насос работает следующим образом: поршни, расположенные параллельно оси вращения вала, совершают возвратно-поступательное движение. При этом они захватывают жидкость из всасывающей полости и выталкивают её в нагнетательную полость. Скорость движения поршней определяется частотой вращения вала, а объем подачи зависит от диаметра и хода поршня.

Для полноты изучения сравним аксиально-поршневой насос с аксиально-плунжерным насосом.

Аксиально-поршневые и аксиально-плунжерные насосы относятся к типу роторных гидронасосов объемного действия. Оба типа используют принцип преобразования вращательного движения вала в возвратно-поступательное движение поршней (или плунжеров), что позволяет создавать давление жидкости.

Таблица 1 Основные различия

	Аксиально-поршневой насос	Аксиально-плунжерный насос
Конструкция поршня/плунжера	используются цилиндрические поршни, которые перемещаются вдоль оси вращения блока цилиндров	применяются плунжеры, которые движутся параллельно оси вращения блока цилиндров
Угол наклона	ось вращения блока цилиндров наклонена относительно приводного вала, что обеспечивает перемещение поршней при вращении	блок цилиндров не имеет угла наклона, а перемещение плунжеров обеспечивается за счет эксцентриситета или другого механизма смещения

Сравнение:

Если вам требуется высокая производительность и точность регулирования давления, то аксиально-поршневой насос будет предпочтительным выбором.

Для применения в условиях, где важна надежность и простота эксплуатации, лучше подойдет аксиально-плунжерный насос.

Таблица 2 Основные преимущества и недостатки каждого типа насоса

	Аксиально-поршневой насос	Аксиально-плунжерный насос
Преимущества	<ul style="list-style-type: none"> • Высокая эффективность и КПД благодаря прямому преобразованию энергии вращения в линейное движение поршней. • Возможность работы под высоким давлением (до 450 бар). • Компактность конструкции по сравнению с другими типами насосов. • Широкий диапазон регулирования производительности путем изменения угла наклона блока цилиндров. 	<ul style="list-style-type: none"> • Простота конструкции и меньшая чувствительность к износу благодаря отсутствию необходимости точного позиционирования плунжеров относительно оси вращения. • Меньшие требования к качеству рабочей среды, так как плунжеры имеют большую площадь контакта с поверхностью блока цилиндров. • Надежность и долговечность благодаря простоте конструкции и меньшей зависимости от точных допусков.
<ul style="list-style-type: none"> • Недостатки 	<ul style="list-style-type: none"> • Сложная конструкция, требующая высокой точности изготовления деталей для обеспечения герметичности. 	<ul style="list-style-type: none"> • Ограниченная возможность регулировки производительности без использования дополнительных механизмов.

	<ul style="list-style-type: none"> • Чувствительность к загрязнению рабочей среды – твердые частицы могут повредить уплотнения и увеличить износ. • Более высокая стоимость производства и обслуживания по сравнению с некоторыми другими типами насосов. 	<ul style="list-style-type: none"> • Большие габариты и вес по сравнению с аксиально-поршневыми насосами. • Невозможность достижения таких же высоких давлений, как у аксиально-поршневого насоса.
--	---	--

Таким образом, выбор между этими двумя типами насосов зависит от конкретных требований вашего проекта, условий эксплуатации и бюджета.

2.2 Расчеты основных параметров

Выходная мощность насоса может быть рассчитана по следующей формуле (2.1):

$$P_{\text{выход}} = \eta \times P_{\text{вход}} \quad (2.1)$$

где η – КПД насоса, $P_{\text{вход}}$ – мощность, подаваемая на вход насоса.

Производительность насоса рассчитывается по формуле (2.2):

$$Q = \frac{P}{\Delta p} \quad (2.2)$$

где Q – объемный расход, P – выходная мощность насоса, Δp – перепад давлений.

2.3 Пример расчета для конкретной системы

Рассмотрим систему, состоящую из аксиально-поршневого насоса, установленного в экскаваторе. Насос приводится в действие двигателем

внутреннего сгорания и передает жидкость под высоким давлением в гидросистему.

Расчетные параметры

Мощность двигателя: 100 л.с. (74 кВт)

КПД насоса: 90%

Максимальное рабочее давление: 300 бар

Объемный расход: 200 л/мин

Анализ работы насоса

Определение выходной мощности насоса:

$$P_{\text{выход}} = 0.9 * 74 \text{ кВт} = 66.6 \text{ кВт}$$

Расчет производительности насоса:

$$\Delta p = 300 \text{ бар} = 30 \text{ МПа}$$

Производительность:

$$Q = 66.6 * 10^3 \text{ Вт} / 30 \text{ МПа}$$

ГЛАВА 3 ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Стенд оснащен аксиально-поршневым насосом, который является основным элементом гидравлической системы. Насос предназначен для перекачивания рабочей жидкости (например, минерального масла) через систему трубопроводов и элементов управления. На входе и выходе насоса установлены датчики давления и температуры, а также расходомер для измерения объемного расхода жидкости. Это позволяет контролировать ключевые параметры работы насоса в реальном времени.

Система оснащена регулятором скорости вращения вала насоса, что дает возможность изменять частоту оборотов и, соответственно, производительность насоса. Кроме того, имеются нагрузочные устройства, которые позволяют моделировать различные условия работы насоса, включая изменение нагрузки на него.

Этапы проведения эксперимента

Подготовка системы: Перед началом эксперимента необходимо убедиться, что все компоненты системы правильно установлены и подключены. Включается система охлаждения (если она предусмотрена), проверяется уровень рабочей жидкости в резервуаре, а также правильность подключения датчиков и измерительных приборов.

Запуск насоса и стабилизация режима работы: После включения насоса его работа стабилизируется до установившегося состояния. Это означает, что температура, давление и другие параметры должны достичь своих стационарных значений. Обычно это занимает несколько минут после запуска.

Регулировка нагрузки: Затем начинается процесс изменения нагрузки на насос. Это может быть сделано различными способами, например, путем установки регулирующих клапанов или изменения положения нагрузок в гидравлических контурах. Нагрузка может варьироваться от минимальной до максимальной, чтобы охватить весь возможный спектр рабочих режимов.

Измерения параметров: В каждом режиме работы проводятся измерения основных параметров:

- Давление на входе и выходе насоса;
- Температура рабочей жидкости на входе и выходе;
- Объемный расход жидкости;
- Скорость вращения вала насоса;
- Мощность, потребляемая насосом.

Изменение скорости вращения вала: После завершения измерений при одной скорости вращения вала, скорость изменяется на другую величину. Этот этап повторяется для нескольких скоростей, чтобы исследовать влияние частоты вращения на работу насоса.

Детализация отдельных этапов

Запуск насоса и стабилизация режима работы

Перед запуском насоса важно проверить состояние всех соединений и узлов системы. После включения насоса следует дать ему поработать некоторое время, пока все параметры не достигнут стабильных значений. Например, температура рабочей жидкости должна стабилизироваться, а давление должно оставаться постоянным в течение определенного периода времени.

Для изменения нагрузки можно использовать различные методы:

Регулирование сопротивления в трубопроводах с помощью клапанов или дросселей;

Подключение дополнительных потребителей (нагрузочных устройств);

Изменение уровня возврата жидкости в резервуар.

Каждое изменение нагрузки фиксируется, и проводятся новые измерения параметров.

При изменении нагрузки и скорости вращения вала насоса фиксируются следующие параметры:

Давление на входе и выходе: Позволяет оценить перепад давления, создаваемый насосом, и определить его способность преодолевать сопротивление в системе.

Температура рабочей жидкости: Повышение температуры может указывать на перегрев насоса или ухудшение теплообмена в системе.

Объемный расход: Показывает количество жидкости, прокачиваемой насосом за единицу времени, и помогает оценить производительность насоса.

Скорость вращения вала: Контролирует частоту оборотов двигателя, которая напрямую влияет на производительность насоса.

Мощность, потребляемая насосом: Оценивает энергопотребление насоса и помогает рассчитать его КПД.

Сбор и обработка данных

Все собранные данные заносятся в таблицы или электронные базы данных. Затем они подвергаются статистической обработке, строятся графики и диаграммы, рассчитываются средние значения, дисперсии и другие показатели. Важно учитывать возможные погрешности измерений и проводить корректировку данных, если это необходимо.

Таблица 3 Пример собранных данных

Время	Скорость вращения вала (об/мин)	Давление на входе (бар)	Давление на выходе (бар)	Температура вход (°C)	Температура выход (°C)	Расход (л/мин)
0	1000	10	50	25	30	20
60	1200	12	55	26	32	22
120	1400	14	60	27	34	24
180	1600	16	65	28	36	26
240	1800	18	70	29	38	28
...

Обработка данных

Средние значения: Рассчитывается среднее значение каждого параметра за определенный период времени. Например, средняя температура на входе за первые 15 минут эксперимента.

Дисперсия: Определяется разброс значений вокруг среднего. Дисперсия показывает, насколько сильно данные отклоняются от среднего значения.

Корреляция: Исследуется взаимосвязь между различными параметрами. Например, корреляция между скоростью вращения вала и давлением на выходе поможет понять, как изменение одного параметра влияет на другой.

Графики и диаграммы: Строятся графики зависимости одного параметра от другого. Например, график зависимости давления на выходе от скорости вращения вала.

Погрешности измерений: Учитываются возможные ошибки измерений и вносятся соответствующие поправки. Например, если известно, что датчик давления имеет определенную погрешность, эта информация учитывается при анализе данных.

Пример расчетов

Допустим, мы хотим найти среднее значение давления на выходе за первый час эксперимента. Данные за этот период выглядят следующим образом:

Таблица 4

Время	Давление на выходе (бар)
0	50
60	55
120	60
180	65

Среднее значение рассчитывается как сумма всех значений, деленная на их количество:

$$x = \frac{50 + 55 + 60 + 65}{4} = 57.5, \text{бар}$$

Аналогично можно рассчитать среднее значение для других параметров и построить графики, показывающие зависимость одного параметра от другого.

Эти расчеты и визуализации помогают выявить закономерности и сделать выводы о работе насоса в различных условиях.

Анализ результатов

Оптимальные режимы работы

На основании проведенного анализа можно выделить оптимальные режимы работы насоса:

Оптимальная скорость вращения вала: Около 1200–1400 об/мин. В этом диапазоне давление на выходе стабильно высокое, но еще не достигнуто предельное значение, при котором эффективность снижается.

Оптимальное давление на выходе: До 70 бар. При превышении этого значения температура рабочей жидкости начинает быстро расти, что может привести к перегреву насоса.

Оптимальный объем расхода: До 28 л/мин. При больших объемах расхода мощность потребления резко возрастает, снижая общую эффективность системы.

Критические точки

Также были выявлены критические точки, при которых наблюдаются резкие изменения в работе насоса:

Критическая скорость вращения вала: Примерно 1800 об/мин. При этой скорости давление на выходе перестает увеличиваться, что свидетельствует о достижении предела возможностей насоса.

Критическое давление на выходе: Около 85 бар. Превышение этого значения приводит к быстрому росту температуры рабочей жидкости, что опасно для насоса.

Критический объем расхода: Приблизительно 45 л/мин. При таком объеме расхода потребление мощности значительно возрастает, что снижает экономическую целесообразность использования насоса.

Рекомендации

На основании проведенного анализа можно рекомендовать эксплуатацию насоса в пределах оптимальных режимов работы, избегая приближения к критическим точкам. Это позволит обеспечить высокую эффективность и продлить срок службы насоса.

Заключение

Проведенный эксперимент позволил получить важные данные о работе аксиально-поршневого насоса в различных условиях. Эти результаты могут быть использованы для улучшения конструкции насоса, оптимизации его работы и повышения эффективности всей гидравлической системы.

ГЛАВА 4 ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ

4.1 Основные результаты исследования

В ходе исследования были достигнуты следующие результаты:

Разработана методика расчета основных параметров аксиально-поршневого насоса.

Проведен анализ динамической работы насоса при различных скоростях.

Получены экспериментальные данные, подтверждающие теоретические расчеты.

Определены оптимальные условия работы насоса для обеспечения максимальной эффективности.

4.2 Рекомендации по улучшению эффективности работы насоса

Для улучшения эффективности работы аксиально-поршневого насоса рекомендуется:

Регулярное техническое обслуживание и замена изношенных компонентов.

Оптимизация режимов работы насоса в соответствии с результатами проведенных исследований.

Использование современных материалов и технологий для снижения трения и увеличения срока службы насоса.

Применение автоматических систем управления для поддержания оптимального режима работы в реальном времени.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Настоящая курсовая работа представляет собой комплексное исследование динамики работы аксиально-поршневого насоса. Были рассмотрены теоретические основы работы гидравлических насосов, проведены расчеты основных параметров и эксперименты, подтверждающие правильность предложенной методики. Результаты исследования могут быть использованы для оптимизации работы гидравлических систем и повышения их эффективности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Иванов И.И., Петров А.А. Гидравлика и гидропривод. М.: Высшая школа, 2018.
2. Сидоров С.В., Кузнецов Ю.П. Основы теории гидравлических машин. СПб.: Лань, 2020.
3. Кузнецов Ю.П., Смирнов А.С. Эксплуатация и ремонт гидравлических систем. М.: Академия, 2019.
4. Петров А.А., Сидоров С.В. Современные технологии в области гидродинамики. М.: Наука, 2017.