

Министерства науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Оренбургский государственный университет»
Кафедра технической эксплуатации и ремонта автомобилей

Р.С.Фаскиев

ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ И ПНЕВМАТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ

Методические указания

Рекомендовано к изданию редакционно-издательским советом федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Оренбургский государственный университет» для обучающихся по образовательной программе высшего образования по направлению подготовки 23.03.03 Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов

Оренбург
2019

УДК 629.3.064(076.5)
ББК 39.33-04я7
Ф 26

Рецензент - доцент, кандидат технических наук Р.Х. Хасанов

Фаскиев, Р.С.
Ф26 Гидравлические и пневматические системы: методические указания/Р.С. Фаскиев; Оренбургский гос. ун-т. – Оренбург: ОГУ, 2019. – 28 с.

Методические указания предназначены для проведения практических занятий и выполнения контрольной работы по дисциплине «Гидравлические и пневматические системы транспортных и транспортно-технологических машин и оборудования» для обучающихся по направлению подготовки 23.03.03 Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов всех форм обучения.

УДК 629.3.064(076.5)
ББК 39.33-04я7

© Фаскиев Р.С., 2019
© ОГУ, 2019

Содержание

Введение.....	4
1 Прикладные задачи гидростатики	5
2 Применение уравнения Бернулли	7
3 Истечение жидкости через дросселирующие устройства	9
4 Гидравлический расчет трубопроводов.....	12
5 Расчет параметров насосов и насосных установок.....	14
6 Изучение конструкции шестеренного насоса	17
7 Изучение конструкции гидравлического усилителя руля легковых автомобилей	19
8 Изучение конструкции и принципа действия гидравлического трансформатора	22
9 Изучение конструкции и принципа действия автоматической коробки передач (АКПП) вариаторного типа	25
Список использованных источников	28

Введение

Методические указания представляют собой развернутые планы проведения практических занятий по дисциплине «Гидравлические и пневматические системы транспортных и транспортно-технологических машин и оборудования».

Первая часть планов направлена на усвоение студентами методов использования законов гидравлики при решении практических задач в области расчетов машиностроительных гидросистем и их элементов. В частности предполагается решение задач из следующих разделов дисциплины: «Гидростатика», «Применение уравнения Бернулли», «Истечение жидкости через дросселирующие устройства», «Гидравлический расчет трубопроводов», «Расчет параметров работы насосов и насосных установок».

Вторая часть планов направлена на изучение студентами устройства и принципов действия гидравлических систем и составляющих эти системы элементов. В частности методические указания содержат планы изучения шестеренного насоса, гидравлического трансформатора, гидравлического усилителя руля легковых автомобилей и автоматической коробки передач вариаторного типа.

1 Прикладные задачи гидростатики

Цель занятия: Практическая отработка навыков использования основных положений гидростатики.

Формируемая компетенция: ОПК-3 «Готовность применять систему фундаментальных знаний (математических, естественнонаучных, инженерных и экономических) для идентификации, формулирования и решения технических и технологических проблем эксплуатации транспортно-технологических машин и комплексов».

Планируемые результаты обучения: Уметь производить расчеты основных параметров и осуществлять выбор элементов гидравлических и пневматических систем.

Вопросы для входного контроля (проверки готовности студентов к выполнению заданий практического занятия):

1. Что называют гидростатическим напором?
2. Назовите единицу измерения давления?
3. В чем заключается практический смысл основного уравнения гидростатики?
4. Что называют гидростатическим напором?
5. Что называют пьезометрической высотой?
6. В чем отличие абсолютного давления от избыточного?
7. Какое давление называют разрежением или вакуумом?
8. Как определяют силу, с которой жидкость действует на плоскую стенку?

Методические рекомендации для теоретического осмысления учебного материала для выполнения самостоятельной работы

В неподвижной жидкости возможен лишь один вид напряжения - напряжение сжатия, т. е. гидростатическое давление. Это давление, складывается из двух величин - давления p_0 на внешней поверхности жидкости и давления,

обусловленного весом вышележащих слоев жидкости. Основное уравнение гидростатики позволяет подсчитать давление в любой точке покоящейся жидкости. ([1] с. 15 – 16; [2] с. 14 - 15, 25 - 27).

Величина p_0 является одинаковой для всех точек объема жидкости, поэтому, учитывая свойство гидростатического давления, можно сказать, что давление, приложенное к внешней поверхности жидкости, передается всем точкам этой жидкости и по всем направлениям одинаково. Это положение известно под названием закона Паскаля. Пьезометрическая высота, представляет собой высоту столба данной жидкости, соответствующую данному давлению p (абсолютному или избыточному). Пьезометрическую высоту, соответствующую избыточному давлению, можно определить по пьезометру — простейшему устройству для измерения давления ([1] с. 15 – 26; [2] с. 15 – 23; [9]).

Полная сила давления жидкости на плоскую стенку равна произведению площади стенки на давление в центре тяжести этой площади ([1] с. 24 - 26; [2] с. 32 - 37).

Задания на выполнение самостоятельной работы

1. Решить задачу на определение давления в сосуде. Задача 1.3, [3], с.11 – 12. Исходные данные взять согласно задания на решение задачи. Вариативной частью задания является величина F , (Н) силы на штоке.

$$F=(10\text{-номер фамилии студента по списку группы})\cdot 40.$$

2. Решить задачу на определение равновесия подвижного золотника. Задача 1.8, [3], с. 13. Исходные данные взять согласно задания на решение задачи. Вариативной частью задания является величина p_0 , (МПа) избыточного давления во внутренней полости устройства.

$$p_0 = (10 - \text{номер фамилии студента по списку группы}) \cdot 0,1.$$

3. Решить задачу на определение равновесия поршня гидроцилиндра одностороннего действия. Задача 1.12, [3], с.14. Исходные данные взять согласно задания на решение задачи. Вариативной частью задания является величина p_0 , (МПа) избыточного давления жидкости в бачке.

$$p_0 = (10 - \text{номер фамилии студента по списку группы}) \cdot 0,2.$$

2 Применение уравнения Бернулли

Цель занятия: Практическая отработка навыков использования основных положений гидродинамики.

Формируемая компетенция: ОПК-3 «Готовность применять систему фундаментальных знаний (математических, естественнонаучных, инженерных и экономических) для идентификации, формулирования и решения технических и технологических проблем эксплуатации транспортно-технологических машин и комплексов».

Планируемые результаты обучения: Уметь производить расчеты основных параметров и осуществлять выбор элементов гидравлических и пневматических систем.

Вопросы для входного контроля (проверки готовности студентов к выполнению заданий практического занятия):

1. Что называют «Идеальной жидкостью»?
2. В каких случаях течение жидкости называют установившимся?
3. Что называют живым сечением потока жидкости?
4. Что называют расходом жидкости через живое сечение потока?
5. В чем практический смысл уравнения неразрывности потока жидкости?
6. Перечислите основные составляющие, входящие в уравнение Бернулли.

7. В чем заключается энергетический смысл уравнения Бернулли?
8. В чем практический смысл уравнения Бернулли?
9. Назовите виды потерь энергии при движении жидкости по трубопроводам.
10. Назовите факторы, приводящие к потерям энергии потока жидкости.

Методические рекомендации для теоретического осмысления учебного материала для выполнения самостоятельной работы

Поверхность, проведенная нормально к линиям тока жидкости, называют живым сечением, скорость в которой определяется как произведение площади сечения на скорость потока ([1] с. 34 - 37; [2] с. 45 - 51).

Уравнение неразрывности для элементарной струйки жидкости является математическим выражением сплошности потока при установившемся течении жидкости. Практический смысл уравнения заключается в возможности определять скорость потока жидкости в любом сечении при известных значениях скорости в одном сечении и геометрических параметрах потока ([1] с. 36 - 37; [2] с. 52 - 53).

Уравнение Бернулли устанавливает зависимость между давлением и скоростью в движущемся потоке жидкости. Физический смысл уравнения для установившегося потока невязкой жидкости заключается в том, что представляет собой закон сохранения механической энергии движения жидкости ([1] с. 37 - 41; [2] с. 53 - 58).

Для потока реальной жидкости уравнение Бернулли представляет собой уравнение баланса энергии с учетом потерь. Потери удельной энергии (напора) зависят от формы и размеров потока, скорости течения и вязкости жидкости. Различают потери энергии на местных сопротивлениях (местные потери) и потери на трение по длине канала ([1] с. 44 - 51; [2] с. 58 - 66).

Задания на выполнение самостоятельной работы

1. Решить задачу на определение расхода жидкости по трубопроводу с известными геометрическими параметрами. Задача 2.4, [3], с. 24. Исходные данные взять согласно задания на решение задачи. Вариативной частью задания является величина p , (МПа) давления в баке.

$$p=(10\text{-номер фамилии студента по списку группы})\cdot 0,002.$$

2. Решить задачу на определение необходимого давления для обеспечения заданной величины расхода при известных геометрических параметрах трубопровода. Задача 2.9, [3], с. 28. Исходные данные взять согласно задания на решение задачи. Вариативной частью задания является величина d (мм) диаметра трубы.

$$d=(\text{номер фамилии студента по списку группы})\cdot 8.$$

3. Решить задачу на определение скорости потока в трубе. Задача 14.10.4, [4], с. 132. Исходные данные взять согласно задания на решение задачи. Вариативной частью задания является величина H (м) разности уровней ртути в трубке.

$$H=(\text{номер фамилии студента по списку группы})\cdot 0,01.$$

3 Истечение жидкости через дросселирующие устройства

Цель занятия: Практическая отработка навыков использования закономерностей истечения жидкости из отверстий.

Формируемая компетенция: ОПК-3 «Готовность применять систему фундаментальных знаний (математических, естественнонаучных, инженерных и экономических) для идентификации, формулирования и решения технических и

технологических проблем эксплуатации транспортно-технологических машин и комплексов».

Планируемые результаты обучения: Уметь производить расчеты основных параметров и осуществлять выбор элементов гидравлических и пневматических систем;

Вопросы для входного контроля (проверки готовности студентов к выполнению заданий практического занятия):

1. Каков практический смысл рассмотрения процессов истечения жидкости из отверстий?
2. Чем обусловлено сжатие струи жидкости при истечении из отверстия?
3. Каковы факторы, определяющие величину коэффициента сжатия струи?
4. Чем обусловлена величина коэффициента скорости при истечении жидкости из отверстий?
5. Какова величина коэффициента скорости для идеальной жидкости?
6. Как называют коэффициент, получаемый как произведение коэффициентов скорости и сжатия струи?
7. Для каких целей используют насадки?
8. Почему насадки коноидальной формы имеют наиболее высокие значения коэффициента расхода жидкости?

Методические рекомендации для теоретического осмысления учебного материала для выполнения самостоятельной работы

Современная гидравлическая аппаратура работает при значительных давлениях и имеет большое количество форсунок, жиклеров, дросселей и других деталей работающих по принципу отверстий в тонкой или толстой стенке. Отверстием в тонкой стенке называют отверстие, толщина стенки которой не превышает диаметра отверстия. Вытекающая из отверстия струя испытывает сжатие, поэтому размер ее поперечного сечения становится меньше размера поперечного сечения отверстия ([1] с. 105 - 106; [2] с. 45 - 51).

Действительная скорость истечения жидкости из отверстия всегда меньше идеальной из за сопротивления отверстия. ([1] с. 107; [2] с. 109 - 110).

Использование коэффициента расхода жидкости позволяет определять фактический расход жидкости через отверстия определенного размера при известном значении напора ([1] с. 108).

Использование насадков позволяет повысить расход жидкости по сравнению с истечением через тонкую стенку. Наиболее совершенными являются насадки коноидальной формы, внутренняя форма поверхности которых очерчивается по форме естественно сжимающейся струи жидкости ([1] с. 111 - 115; [2] с. 112 - 116).

Задания на выполнение самостоятельной работы

1. Решить задачу на определение диаметра жиклера карбюратора двигателя внутреннего сгорания. Задача 3.5, [3], с. 36. Исходные данные взять согласно задания на решение задачи. Вариативной частью задания является величина $p_{\text{вак}}$ (МПа) вакуума в горловине диффузора.

$$p_{\text{вак}} = (\text{номер фамилии студента по списку группы}) \cdot 0,002.$$

2. Решить задачу на определение скорости движения поршня гидроцилиндра при дросселировании слива жидкости из штоковой полости. Задача 3.7, [3], с. 37. Исходные данные взять согласно задания на решение задачи. Вариативной частью задания является величина S (мм²) площади поперечного сечения отверстия дросселя.

$$S = (\text{номер фамилии студента по списку группы}) \cdot 0,1.$$

3. Решить задачу на определение площади отверстия дросселя, установленного на линии нагнетания жидкости в рабочую полость гидроцилиндра.

Задача 3.9, [3], с. 38. Исходные данные взять согласно задания на решение задачи. Вариативной частью задания является величина F (Н) силы на штоке гидроцилиндра.

$$H=(10 - \text{номер фамилии студента по списку группы}) \cdot 700.$$

4 Гидравлический расчет трубопроводов

Цель занятия: Практическая отработка навыков гидравлического расчета трубопроводов.

Формируемая компетенция: ОПК-3 «Готовность применять систему фундаментальных знаний (математических, естественнонаучных, инженерных и экономических) для идентификации, формулирования и решения технических и технологических проблем эксплуатации транспортно-технологических машин и комплексов».

Планируемые результаты обучения: Уметь производить расчеты основных параметров и осуществлять выбор элементов гидравлических и пневматических систем;

Вопросы для входного контроля (проверки готовности студентов к выполнению заданий практического занятия):

1. Какой трубопровод называют простым?
2. В чем отличие простого трубопровода от сложного?
3. Что называют характеристикой простого трубопровода?
4. Как определяют суммарные потери напора при последовательном соединении простых трубопроводов?
5. Как определяют общую характеристику нескольких последовательно соединенных простых трубопроводов?
6. Как определяют суммарные потери напора при параллельном соединении простых трубопроводов?

7. Как определяют общую характеристику нескольких параллельно соединенных простых трубопроводов?
8. Как определяют суммарную характеристику сложного разветвленного трубопровода?

Методические рекомендации для теоретического осмысления учебного материала для выполнения самостоятельной работы

Трубопровод называют простым, если он не имеет ответвлений. Простые трубопроводы могут быть соединены между собой так, что они образуют последовательные или параллельные соединения. Сложный трубопровод может содержать как последовательные, так и параллельные и разветвленные соединения ([1] с. 118 - 119; [4] с. 137, 141 - 142).

Характеристикой простого трубопровода называется графическая зависимость потребного напора от расхода жидкости в трубопроводе. При ламинарном течении характеристика имеет вид прямой линии, при турбулентном – параболу, с показателем степени, равным двум ([1] с. 120 - 121; [4] с. 142 - 143).

При последовательном соединении потери напора по участкам складываются. Суммарная характеристика нескольких простых трубопроводов получают путем суммирования потерь напора при постоянных расходах жидкости ([1] с. 123).

При параллельном соединении потери напора по участкам равны между собой. Суммарная характеристика нескольких простых трубопроводов, соединенных параллельно, получают путем суммирования расходов жидкости по участкам при постоянных потерях напора ([1] с. 124 - 125; [4] с. 143).

Задания на выполнение самостоятельной работы

1. Решить задачу на определение потребного напора в начальном сечении простого трубопровода. Задача 4,2, [3], с. 49. Исходные данные взять согласно

задания на решение задачи. Вариативной частью задания является величина Q , (л/с) расхода жидкости по трубопроводу.

$$Q=(\text{номер фамилии студента по списку группы})\cdot 0,02.$$

2. Решить задачу на определение расходов жидкости в параллельном трубопроводе. Задача 4.8, [3], с. 51. Исходные данные взять согласно задания на решение задачи. Вариативной частью задания является величина l (м) длины трубопровода, выполняющего роль теплообменника.

$$l=(\text{номер фамилии студента по списку группы})\cdot 5.$$

3. Решить задачу на определение расходов жидкости по отдельным трубопроводам и необходимое давление в начальном сечении сложного разветвленного трубопровода. Задача 4.12, [3], с. 53. Исходные данные взять согласно задания на решение задачи. Вариативной частью задания является величина Q , (л/с) общего расхода жидкости.

$$Q=(\text{номер фамилии студента по списку группы})\cdot 0,2.$$

5 Расчет параметров насосов и насосных установок

Цель занятия: Практическая отработка навыков расчета параметров насосов и насосных установок.

Формируемая компетенция: ОПК-3 «Готовность применять систему фундаментальных знаний (математических, естественнонаучных, инженерных и экономических) для идентификации, формулирования и решения технических и технологических проблем эксплуатации транспортно-технологических машин и комплексов».

Планируемые результаты обучения: Уметь производить расчеты основных параметров и осуществлять выбор элементов гидравлических и пневматических систем;

Вопросы для входного контроля (проверки готовности студентов к выполнению заданий практического занятия):

1. Что называют насосом?
2. Перечислите основные параметры насосов.
3. Что называют характеристикой насоса?
4. Почему центробежные насосы относят к гидромашинам динамического типа?
5. Какие насосы отнесены к гидромашинам объемного типа?
6. Что называют полезной мощностью насоса?
7. Что называют рабочим объемом насоса?
8. Что называют насосной установкой?
9. Как формируется характеристика насосной установки с переливным клапаном?
10. Как формируется характеристика насосной установки с регулятором подачи?

Методические рекомендации для теоретического осмысления учебного материала для выполнения самостоятельной работы

Насосом называется гидромашина, преобразующая механическую энергию в энергию потока рабочей жидкости. Основными параметрами насосов являются: напор, подача, частота вращения вала, мощность и КПД ([1] с. 158 - 159; [5] с. 38 - 43).

Под характеристикой насосов понимают зависимость напора (или создаваемого давления) и КПД от подачи ([1] с. 302 - 303; [5] с. 57 - 63).

Насосы объемного типа работают за счет изменения объема рабочих камер, периодически соединяющихся с входным и выходным патрубками. В насосах

динамического типа энергия от рабочего колеса жидкости передается путем динамического взаимодействия лопастей с обтекающей их жидкостью ([1] с. 156; [5] с. 44 – 46).

Большое значение при проектировании и экспериментальном исследовании лопастных (в частности центробежных насосов) играет теория подобия, позволяющая получать характеристику для данного насоса по известной характеристике подобного насоса ([1] с. 175 - 177; [5] с. 62 – 63).

Важнейшим элементом объемных насосов является рабочая камера. У насосов может быть одна или несколько рабочих камер. Под рабочим объемом насоса понимают идеальное количество жидкости, которое насос может подать за один цикл работы ([1] с. 274- 275; [5] с. 111 - 112).

Под насосной установкой понимают объемный насос в совокупности с дополнительными устройствами, обеспечивающие регулирование подачи в широком диапазоне. На практике необходимую характеристику получают двумя способами: с помощью переливных клапанов, сливая «излишек» жидкости в гидробак, минуя гидродвигатель; с помощью регулятора подачи, изменяя рабочий объем насоса ([1] с. 303 - 304; [5] с. 129 - 132).

Задания на выполнение самостоятельной работы

1. Решить задачу на определение подачи, напора и полезной мощности подобного насоса центробежного типа. Задача 5.3, [3], с. 64. Исходные данные взять согласно задания на решение задачи. Вариативной частью задания является показание пьезометра H (м), установленного на выходе насоса.

$$H=(\text{номер фамилии студента по списку группы})\cdot 3.$$

2. Решить задачу на определение рабочего объема и подачи аксиально-поршневого насоса. Задача 5.6, [3], с. 66. Исходные данные взять согласно задания

на решение задачи. Вариативной частью задания является угол наклона диска γ (град.) насоса.

$$\gamma = (\text{номер фамилии студента по списку группы}) + 10.$$

3. Решить задачу на определение давления срабатывания регулятора подачи объемного насоса и его подачу в этом режиме. Задача 5.10, [3], с. 67. Исходные данные взять согласно задания на решение задачи. Вариативной частью задания является величина F (Н) силы предварительного поджатия пружины регулятора.

$$H = (\text{номер фамилии студента по списку группы}) \cdot 7.$$

6 Изучение конструкции шестеренного насоса

Цель занятия: Практическая отработка и закрепление знаний, касающиеся особенностей конструкций и выбора параметров шестеренных насосов.

Формируемая компетенция: ОПК-3 «Готовность применять систему фундаментальных знаний (математических, естественнонаучных, инженерных и экономических) для идентификации, формулирования и решения технических и технологических проблем эксплуатации транспортно-технологических машин и комплексов».

Планируемые результаты обучения: Знать конструкции, принципы функционирования и основные характеристики гидравлических и пневматических систем.

Вопросы для входного контроля (проверки готовности студентов к выполнению заданий практического занятия):

1. Перечислите достоинства шестеренных насосов.
2. Перечислите недостатки шестеренных насосов.
3. Каков принцип действия шестеренного насоса?
4. Перечислите основные элементы шестеренного насоса?

5. В чем заключается понятие «рабочий объем» шестеренного насоса?
6. Что называют производительностью шестеренного насоса?
7. Перечислите составляющие полного КПД шестеренного насоса?
8. Какую подачу насоса называют теоретической?
9. Что называют характеристикой шестеренного насоса?
10. Перечислите основные направления утечек гидравлической жидкости в шестеренных насосах.

Методические рекомендации для теоретического осмысления учебного материала для выполнения самостоятельной работы

Распространенный тип шестеренного представляет собой пару одинаковых прямозубых цилиндрических шестерен с эвольвентным профилем зубьев, располагающихся в цилиндрических расточках корпуса. Насосы с внутренним зацеплением обладают более высокими энергетическими и массовыми характеристики ([1] с. 340 - 341, 345 – 346; [2] с. 267 - 268; [6] с. 6 - 7).

Обозначение типоразмеров насосов включает в себя информацию о типе, рабочем объеме, направлении вращения приводного вала, климатическом исполнении и конструктивных особенностях присоединительной части ([6] с. 8).

Коэффициент полезного действия насоса характеризует степень совершенства конструкции и экономичность. Поэтому насосы требовательны к точности изготовления деталей и качества обработки поверхностей ([6] с. 11).

Недостатками шестеренных насосов является нерегулируемость рабочего объема и неравномерность подачи. Неравномерность подачи жидкости вызывает пульсации нагрузок на подшипниках валов, что приводит к необходимости увеличения их размеров ([2] с. 267).

При работе шестеренного насоса в межзубовом пространстве возникает явление запираания жидкости во впадинах зубьев, что приводит к дополнительному нагреванию жидкости и резкому росту нагрузок на опоры ([6] с. 12 – 13).

Неравномерность распределения давления по периметру зубчатых колес может привести их перекоосу. Поэтому, в конструкциях шестеренных насосов, предусматривают специальные решения, позволяющие компенсировать обозначенный перекоос ([6] с. 12 – 13).

Задание на выполнение самостоятельной работы

Работа выполняется в условиях лаборатории «Гидравлические и пневматические системы».

Получить у преподавателя или лаборанта шестеренный насос для изучения и выполнить работу согласно п. 1 – 10 ([6] с. 15 – 16).

Оформить отчет по выполненной работе.

7 Изучение конструкции гидравлического усилителя руля легковых автомобилей

Цель занятия: Практическая отработка и закрепление знаний конструкций гидравлических усилителей руля и оценки параметров пластинчатого насоса.

Формируемая компетенция: ОПК-3 «Готовность применять систему фундаментальных знаний (математических, естественнонаучных, инженерных и экономических) для идентификации, формулирования и решения технических и технологических проблем эксплуатации транспортно-технологических машин и комплексов».

Планируемые результаты обучения: Знать конструкции, принципы функционирования и основные характеристики гидравлических и пневматических систем.

Вопросы для входного контроля (проверки готовности студентов к выполнению заданий практического занятия):

1. Почему гидравлические усилители руля автомобилей называют следящими гидроприводами.

2. Что называют «коэффициентом усиления»?
3. Перечислите основные элементы гидравлических усилителей руля автомобилей.
4. Какую роль в конструкции усилителя руля играет насос?
5. Какую роль в конструкции усилителей руля играет распределитель?
6. Каким образом в конструкциях гидравлических усилителей реализуется обратная связь?
7. Перечислите основные элементы пластинчатого насоса.
8. Чем отличается пластинчатый насос однократного действия от двукратного?
9. Каким образом в пластинчатых насосах меняют рабочий объем?
10. Что называют насосной установкой?

Методические рекомендации для теоретического осмысления учебного материала для выполнения самостоятельной работы

Следящим называют регулируемый гидропривод, в котором скорость движения выходного звена изменяется по определенному закону в зависимости от задающего воздействия на орган управления ([1] с. 402 – 403; [2] с. 310 - 312).

В гидравлических усилителях автомобилей органом управления является рулевое колесо, а выходное звено – гидроцилиндр, создающий необходимое усилие ([7] с. 25 - 26).

Коэффициентом усиления гидравлического усилителя называют отношение мощности на выходном звене к мощности сигнала управления ([4] с. 224 - 224).

Основными элементами гидравлического усилителя являются: насос, гидрораспределитель, гидроцилиндр, система трубопроводов и система, обеспечивающая обратную связь ([7] с. 28 - 31).

Обратная связь в существующих конструкциях следящих приводов осуществляется при помощи специального рычажного механизма, путем смещения

корпуса распределителя или упругих элементов типа пружин сжатия или скручивания (торсиона) ([1] с. 403 – 405; [4] с. 225 - 227).

Распределители гидравлических усилителей представляют собой золотниковые устройства с линейным или роторным золотниками ([7] с. 33 - 35).

Для питания гидравлических усилителей могут использоваться насосы самых различных типов. Однако чаще всего для этой цели используют пластинчатые насосы, отличающиеся компактностью и высоким КПД ([1] с. 333 – 336; [2] с. 261 - 263).

Основными элементами пластинчатого насоса являются: корпус; статор; ротор, установленный с эксцентриситетом относительно статора; пластины, располагающиеся в пазах ротора. Насосы могут быть регулируемы ([4] с. 123 – 125).

Насос, в составе гидравлического усилителя руля, должен выдавать строго определенные выходные параметры. Для этой цели совместно с насосом используются дополнительные регулирующие устройства. Полученную в итоге конструкцию называют насосной установкой со следующими способами регулирования подачи: с помощью переливного клапана; с помощью регулятора подачи, изменяющего рабочий объем ([4] с. 129 – 132)

Задания на выполнение самостоятельной работы

Работа выполняется в условиях лаборатории «Гидравлические и пневматические системы».

Получить у преподавателя или лаборанта гидравлический усилитель руля легкового автомобиля, состоящего из пластинчатого насоса и гидравлической рейки с роторным золотником.

Используя слесарно – монтажный инструмент необходимо разобрать устройства.

Изучить конструктивное устройство гидроусилителя руля и составить эскизы:

- статора пластинчатого насоса;

- ротора пластинчатого насоса;
- торсиона системы обратной связи;
- внутреннего цилиндра роторного распределителя;
- наружного цилиндра роторного распределителя;
- рейки.

Составить схему гидроусилителя руля с указанием потоков гидравлической жидкости.

Используя формулу (1) определить производительность пластинчатого насоса Q (м³/с) при частоте вращения вала насоса равной 1000 об/мин. Геометрические параметры элементов насоса получить непосредственными измерениями при помощи штангенциркуля.

$$Q = 2b \left[\pi(R^2 - r^2) - \frac{tz(R - r)}{\cos\alpha} \right] n\eta, \quad (1)$$

где b - ширина ротора, м;

R и r - радиусы дуг, образующих профиль внутренней поверхности статора, м;

t - толщина платин, м;

z - число пластин;

α - угол наклона пластин к радиусу, град;

$\eta=0,7 - 0,92$ – общий КПД насоса.

8 Изучение конструкции и принципа действия гидравлического трансформатора

Цель занятия: Практическая отработка и закрепление знаний конструкции и принципа функционирования гидравлического трансформатора.

Формируемая компетенция: ОПК-3 «Готовность применять систему фундаментальных знаний (математических, естественнонаучных, инженерных и экономических) для идентификации, формулирования и решения технических и технологических проблем эксплуатации транспортно-технологических машин и комплексов».

Планируемые результаты обучения: Знать конструкции, принципы функционирования и основные характеристики гидравлических и пневматических систем.

Вопросы для входного контроля (проверки готовности студентов к выполнению заданий практического занятия):

1. Назовите область использования гидравлических муфт и трансформаторов
2. Какую функцию в гидравлическом трансформаторе выполняет насосное колесо?
3. Какую функцию в гидравлическом трансформаторе выполняет турбинное колесо?
4. Какую функцию в гидравлическом трансформаторе выполняет реактор?
5. Что называется передаточным отношением гидравлического трансформатора?
6. Что называют характеристикой гидравлического трансформатора?
7. Какую роль в работе реактора играет обгонная муфта?
8. От каких параметров работы гидравлического трансформатора зависит его КПД?
9. Какова цель блокировки гидравлического трансформатора?
10. Каким образом производится блокировка гидравлического трансформатора?

Методические рекомендации для теоретического осмысления учебного материала для выполнения самостоятельной работы

Гидротрансформатором называют гидродинамическую передачу, преобразующую передаваемый момент. Гидравлические трансформаторы получили широкое распространение в технике, в частности в автомобилях, тракторах, тепловозах ([2] с. 189 - 190; [4] с. 101 - 102).

Основными элементами гидравлических трансформаторов являются корпус, насосное колесо, турбинное колесо, реактор, механизм блокировки. Основным отличием рабочих колес гидротрансформатора от гидромолоты является сложный криволинейный профиль их лопаток ([4] с. 88 – 89).

Насосное колесо приводится во вращение крутящим моментом двигателя автомобиля, а турбинное колесо соединяется с валом коробки передач. Реактор связан с корпусом коробки передач через обратную муфту и может вращаться только в попутном с рабочими колесами направлении ([2] с. 190 - 191; [4] с. 88).

Реактор служит для изменения крутящего момента на гидравлическом трансформаторе за счет изменения направления сходящего с турбинного колеса потока гидравлической жидкости ([4] с. 89).

Передаточным отношением гидравлического трансформатора называют отношение угловых скоростей турбинного и насосного колес. Для анализа изменения моментов используют коэффициент трансформации, равная отношению моментов на турбинном и насосном колесах ([4] с. 91).

Характеристикой гидравлического трансформатора называют графическую зависимость передаваемого момента и КПД от передаточного отношения ([1] с. 246 – 246; [2] с. 205 – 206; [8] с. 25 - 26).

В целях повышения КПД гидравлического трансформатора используют устройство блокирования механизма путем жесткого соединения насосного и турбинного колес посредством фрикционной муфты ([2] с. 210 - 211).

Задания на выполнение самостоятельной работы

Работа выполняется в условиях лаборатории «Гидравлические и пневматические системы».

Получить у преподавателя или лаборанта гидравлический трансформатор легкового автомобиля, с предварительно разрезанным корпусом.

Изучить конструктивное устройство лопаток насосного колеса, турбинного колеса, реактора и зарисовать направления потоков жидкости при вращении колес.

Изучить схему установки реактора на корпусе коробки передач посредством обгонной муфты и проверить работоспособность муфты.

Изучить механизм блокировки гидравлического трансформатора и зарисовать потоки мощности в режимах блокировки и отсутствия блокировки.

Изучить и зарисовать направления потоков масла в режимах блокировки и отсутствия блокировки гидравлического трансформатора.

9 Изучение конструкции и принципа действия автоматической коробки передач (АКПП) вариаторного типа

Цель занятия: Практическая отработка и закрепление знаний конструкции и принципа функционирования автоматической коробки передач вариаторного типа.

Формируемая компетенция: ОПК-3 «Готовность применять систему фундаментальных знаний (математических, естественнонаучных, инженерных и экономических) для идентификации, формулирования и решения технических и технологических проблем эксплуатации транспортно-технологических машин и комплексов».

Планируемые результаты обучения: Знать: конструкции, принципы функционирования и основные характеристики гидравлических и пневматических систем.

Вопросы для входного контроля (проверки готовности студентов к выполнению заданий практического занятия):

1. В чем отличие автоматической коробки передач (АКПП) от механической (МКП)?
2. Каким образом в автоматических коробках передач осуществляется переключение передач?
3. Какую роль в составе АКПП играет гидравлический трансформатор?
4. Какую роль в составе АКПП играет гидравлическая система?
5. В чем отличие АКПП вариаторного типа от других типов АКПП?
6. С какой целью в конструкциях АКПП используют теплообменники?
7. Какую роль в конструкции АКПП играет гидроблок?
8. Каким образом сигналы от блока управления АКПП передаются гидравлическому контуру?
9. Почему АКПП вариаторного типа называют бесступенчатыми?
10. Каким образом осуществляется переключение передач в АКПП вариаторного типа?

Методические рекомендации для теоретического осмысления учебного материала для выполнения самостоятельной работы

Автоматической коробкой передач называется автоматически управляемая часть трансмиссии, которая позволяет ступенчато или бесступенчато изменять соотношение угловых скоростей ведущего и ведомого валов в зависимости от текущих параметров работы двигателя и трансмиссии ([8] с. 10 - 14).

Переключение передач в АКПП осуществляется при помощи исполнительных элементов механической части (пакетов фрикционов и тормозов), ответственных за ту или иную передачу ([8] с. 113 - 123).

Управление исполнительными элементами АКПП производится путем подвода гидравлической жидкости гидравлическим цилиндрам, бустерам или сервоприводам лент ([8] с. 131 - 135).

Для подачи масла во все исполнительные элементы АКПП, в гидравлический трансформатор, для смазки и охлаждения используют три типа насосов: пластинчатые, шестеренные, кулачковые ([8] с. 142 - 147).

Каждая АКПП имеет гидроблок (клапанную коробку) в которой расположены клапана, выполняющие функции разделения потоков и регулирование давления. Для передачи сигналов от электронного блока управления используются электромагнитные клапана (соленоиды) ([8] с. 133 - 140).

Изменение передаточного отношения в АКПП вариаторного типа осуществляется за счет изменения осевого положения конусов ведущего и ведомого шкивов, приводимых при помощи гидроцилиндров ([8] с. 279 - 280).

Задания на выполнение самостоятельной работы

Работа выполняется в условиях лаборатории «Гидравлические и пневматические системы» при разборке и сборке АКПП вариаторного типа CVT Nissan 1XF6A.

Изучить расположение основных элементов АКПП: конусы с металлическим ремнем, планетарный ряд для передач переднего и заднего хода, насосная установка с приводом, гидроблок, теплообменник, главная передача АКПП.

Изучить и зарисовать схему подачи масла от картера коробки передач к гидроблоку.

Изучить и зарисовать схему подачи масла на гидравлические цилиндры приводов конусов.

Изучит и зарисовать схему подачи масла на фрикционные пакеты переднего и заднего хода.

Изучить и зарисовать схему подачи масла на теплообменник охлаждения гидравлической жидкости.

Список использованных источников

1. Башта, Т.М. Гидравлика, гидромашины и гидроприводы: учебник для машиностроительных вузов/ Т.М.Башта, С.С.Руднев, Б.Б.Некрасов и др. – 4-е изд. стереотипное, перепечатка со второго издания, 1982 г. – М.: «Издательский дом Альянс», 2010. – 423 с.
2. Артемьева, Т.В. Гидравлика, гидромашины и гидропневмопривод: учеб. пособие для студ. высш. учебн заведений/ Т.В.Артемьева, Т.М.Лысенко, А.Н.Румянцева, С.П.Стесин; под ред. С.П.Стесина. – 4-е изд., стер. – М.:Издательский центр «Академия», 2008. - 336 с. – ISBN 978-5-7695-5127-7.
3. Михайлин, А.А Расчет элементов автомобильных гидросистем: учебное пособие для студентов вузов/ А.А.Михайлин, С.Д.Пхкадзе, Р.Х.Курмаев, П.И.Строков; под ред. проф. А.В.Лепешкина. – М.:Изд. МАМИ, 2012, - 86 с.
4. Шейпак, А.А. Гидравлика и гидропневмопривод: учебное пособие. - 2-е изд., перераб. и доп/ А.А.Шейпак. – М.:МГИУ, 2003. с. Ч.1: Основы механики жидкости и газа. – 192 с. ISBN 5-276-00379-3.
5. Лепешкин, А.В. Гидравлика и гидропневмопривод: учебник в 2 ч./ А.В.Лепешкин, А.А.Михайлин, А.А.Шейпак/ Под ред. А.А.Шейпака – М.:МГИУ, 2003. – Ч.2 Гидравлические машины и гидропневмопривод. - 352 с. ISBN 5-276-00480-3.
6. Фаскиев, Р.С. Изучение шестеренного насоса: методические указания/ Р.С.Фаскиев. – Оренбургский гос. ун-т. – Оренбург: ОГУ, 2018. - 19 с.
7. Русанов, М.А. Рулевое управление: методические указания к лабораторной работе/ М.А. Русанов. – Челябинский государственный агроинженерный университет. – Челябинск: ЧГАУ, 2005. - 39 с.
8. Харитонов, С.А. автоматические коробки передач/ С.А.Харитонов. – М.: ООО «Издательство Астрель»: ООО «Издательство АСТ», 2003. – 335 с.
9. Информационный инженерный портал [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://helpeng.ru/>.