

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Лысьвенский филиал федерального государственного автономного образовательного  
учреждения высшего образования «Пермский национальный исследовательский  
политехнический университет»

**Приложение к программе ГИА по направлению 13.03.02 Электроэнергетика и  
электротехника (профиль) образовательной программы «Автоматизированный  
электропривод и робототехнические комплексы»**

**Виды заданий по дисциплинам, проверяемым в ходе государственного экзамена**

№ п.п.	Дисциплина государственного экзамена	Вид задания
1	<b>ОУМ 1</b> – «Электрические машины»	Теоретическое задание. Практическое задание.
2	<b>ОУМ 2</b> – «Электрический привод»	Теоретическое задание. Практическое задание.
3	<b>ОУМ 3</b> – «Основы робототехники и мехатроники»	Теоретическое задание. Практическое задание.

Каждый экзаменационный билет состоит из четырех заданий (3-х теоретических вопросов и 1-го практического задания) и имеет следующую структуру:

- 1 вопрос – теоретический по ОУМ-1 (проверка знаний);
- 2 вопрос – теоретический по ОУМ-2 (проверка знаний);
- 3 вопрос – теоретический по ОУМ-3 (проверка знаний);
- 4 вопрос – практическое задание одно из ОУМ-1, ОУМ-2 или ОУМ-3.

**Перечень вопросов, выносимых на государственный междисциплинарный экзамен  
в 2023 году**

**Дисциплина ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ МАШИНЫ**

1. Объясните устройство и принцип действия трансформатора.
2. В чём сходство и в чём различие между АД и трансформатором?
3. Почему с увеличением механической нагрузки на валу АД возрастает потребляемая двигателем из сети мощность?
4. Что называется напряжением короткого замыкания и потерями короткого замыкания трансформатора? В каких единицах они выражаются?
5. Что такое коэффициент трансформации и как его определить опытным путем?
6. Условия включения трансформаторов на параллельную работу: анализ работы.
7. Что называется током холостого хода и потерями холостого хода трансформатора? В каких единицах они выражаются?
8. Объясните устройство и принцип работы трехфазного асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором.
9. Перечислите виды потерь мощности в асинхронном двигателе. От чего эти потери зависят?
10. Какая мощность в асинхронном двигателе называется электромагнитной?
11. Что такое скольжение? В каком диапазоне оно изменяется при работе асинхронной машины?
12. Как определяется коэффициент мощности? Почему при нагрузке двигателя меньше номинальной, его  $\cos\varphi$  имеет низкие значения?
13. Способы пуска асинхронных двигателей (с фазным и короткозамкнутым ротором); кратности пусковых тока и момента двигателей нормального исполнения.
14. Что такое перегрузочная способность асинхронного двигателя и какова её зависимость от напряжения питания двигателя?

15. Какие характеристики асинхронного двигателя называют рабочими?
16. К чему приведёт увеличение активного сопротивления в цепи ротора двигателя с фазным ротором.
17. К чему приведёт уменьшение подводимого к статору напряжения (показать на кривой момента  $M = f(s)$ ).
18. Запишите и поясните формулу максимального момента ( $M_{кр}$ ).
19. Для чего используется асинхронный двигатель с глубоким пазом на роторе, поясните физический смысл.
20. Запишите расчётную формулу момента асинхронной машины, в чём её физический смысл.
21. Покажите схемы замещения асинхронного двигателя и область их применения.
22. Запишите уравнение частоты и индуктивного сопротивления АД для вращающегося ротора.
23. Устройство и принцип работы машины постоянного тока (режим двигателя, режим генератора, принцип обратимости, устройство подробно).
24. Запишите основные уравнения ЭДС, электромагнитного момента.
25. Запишите уравнения равновесного состояния моментов и ЭДС для генератора и двигателя.
26. Какие потери в двигателе относятся к постоянным, а какие к переменным потерям?
27. Способы регулирования частоты вращения двигателей постоянного тока.
28. Как влияет добавочное сопротивление в цепи якоря ДПТ (или ротора АД) на жесткость механической характеристики?
29. Почему нужно при пуске ограничивать ток якоря в ДПТ (двигатели постоянного тока)?
30. Назовите способы регулирования скорости вращения двигателя постоянного тока параллельного возбуждения и кратко их охарактеризуйте.
31. Режимы работы синхронной машины (компенсатор, двигатель, генератор, энергетические диаграммы).
32. Пуск синхронных двигателей (особенности, способы пуска).

### Практические задания:

1. Мощность, потребляемая трансформатором из сети при активной нагрузке  $P_1 = 500$  Вт. Напряжение сети 100 В. Коэффициент трансформации равен 10. Определить ток нагрузки.

2. В опыте короткого замыкания трансформатора измерены: потребляемая мощность 50 Вт, ток в первичной цепи 10 А и во вторичной цепи 2,5 А. В опыте холостого хода того же трансформатора измерены потребляемая мощность 15 Вт, напряжение питания 100 В. Определить КПД трансформатора при номинальной нагрузке, коэффициент трансформации.

3. Вторичная обмотка трансформатора замкнута накоротко. Токи в обмотках равны номинальным значениям  $I_{1К} = 2,5$  А,  $I_{2К} = 10$  А. Напряжение на входе составляет 10 В. Данное напряжение составляет 5% от номинального значения. Определить номинальную мощность трансформатора, напряжение на выходе при номинальной нагрузке.

4. Определить мощность  $P_{2ном}$ , отдаваемую трансформатором потребителю электроэнергии, суммарные потери мощности  $\Sigma P_{ном}$ , электрические  $P_{э1ном}$ ,  $P_{э2ном}$  и магнитные потери в трансформаторе при номинальном режиме работы. Номинальное линейное напряжение его вторичной обмотки  $U_{2ном} = 400$  В, линейный ток нагрузки  $I_{2ном} = 10$  А, линейный ток первичной обмотки  $I_{1ном} = 0,2$  А, коэффициент мощности  $\cos\varphi_{2ном} = 1$ , КПД трансформатора  $\eta_{ном} = 0,95$ , активные сопротивления первичной обмотки  $R_1 = 200$  Ом, вторичной  $R_2 = 0,1$  Ом. Поток рассеяния и ток холостого хода пренебречь.

5. Определить коэффициент трансформации  $k$  и действующие значения ЭДС  $E_1$  и  $E_2$  обмоток однофазного трансформатора при частоте  $f = 100$  Гц, если площадь поперечного

сечения магнитопровода  $S_c = 4 \text{ см}^2$ . Амплитудное значение магнитной индукции  $B_m = 1 \text{ Тл}$ , число витков первичной и вторичной обмоток трансформатора:  $w_1 = 220$  и  $w_2 = 1500$ .

6. Обмотки трехфазного трансформатора типа ТМ-100/6 с номинальной мощностью  $S_{1\text{ном}} = 100 \text{ кВА}$  включены по схеме «звезда».

7. Определить коэффициент трансформации  $k$  и КПД  $\eta_{\text{ном}}$  трансформатора при номинальной нагрузке ( $\cos\varphi_2 = 0,8$ ). Номинальные линейные напряжения  $U_{1\text{ном}} = 6 \text{ кВ}$ ,  $U_{2\text{ном}} = 525 \text{ В}$ , линейный ток первичной обмотки  $I_{1\text{ном}} = 10 \text{ А}$ , потери холостого хода при номинальном напряжении  $P_0 = 600 \text{ Вт}$ , потери короткого замыкания при номинальном токе  $P_k = 2400 \text{ Вт}$ .

8. Четырехполюсный трехфазный асинхронный двигатель питается от сети промышленной частоты. При вращающем моменте  $67 \text{ Н}\cdot\text{м}$  скольжение двигателя 5%. При этом суммарная мощность потерь  $1,5 \text{ кВт}$ . Определить КПД двигателя при указанном вращающем моменте на валу.

9. Шестиполюсная асинхронная машина питается от трехфазной сети с частотой  $60 \text{ Гц}$ . Скольжение машины равно  $0,025$ . Найти угловую скорость и частоту вращения поля и ротора. Как изменятся эти величины при частоте  $400 \text{ Гц}$ ? В каком режиме работает асинхронная машина?

10. При номинальном режиме работы трехфазного асинхронного двигателя АД-136/4 с короткозамкнутым ротором, обмотки которого соединены звездой, определить номинальные значения: полезной мощности на валу  $P_{2\text{ном}}$ , КПД  $\eta_{\text{ном}}$  и коэффициент мощности  $\cos\varphi_{1\text{ном}}$ . Подводимая к двигателю мощность  $P_{1\text{ном}} = 10,4 \text{ кВт}$ , номинальный линейный ток  $I_{1\text{ном}} = 21 \text{ А}$ , номинальное линейное напряжение  $U_{1\text{ном}} = 380 \text{ В}$ , номинальная скорость вращения  $\omega_{2\text{ном}} = 149,1 \text{ с}^{-1}$ , механические потери мощности  $P_{\text{мех}} = 340 \text{ Вт}$ , суммарные магнитные потери мощности  $P_m = 589,5 \text{ Вт}$ , активное сопротивление фазы обмотки статора  $R_1 = 0,734 \text{ Ом}$ , частота питающего напряжения  $f_1 = 50 \text{ Гц}$ . При расчётах учесть добавочные потери.

11. Определить пусковой  $M_{\text{пуск}}$  и максимальный моменты  $M_{\text{max}}$ , а также пусковой ток  $I_{\text{пуск}}$  асинхронного двигателя при напряжении на его зажимах, пониженном на 20% от номинального напряжения  $U_{1\text{ном}} = 380 \text{ В}$ . Подведенная к двигателю мощность  $P_{1\text{ном}} = 18,4 \text{ кВт}$ , номинальная частота вращения  $n_{2\text{ном}} = 2935 \text{ об/мин}$ , номинальные значения: КПД  $\eta = 0,89$  и коэффициент мощности  $\cos\varphi_{1\text{ном}} = 0,91$ , кратность пускового  $M_{\text{пуск}}/M_{\text{ном}} = 1,5$  и максимального моментов  $M_{\text{max}}/M_{\text{ном}} = 2,3$ , кратность пускового тока при номинальном напряжении  $I_{1\text{пуск}}/I_{1\text{ном}} = 7,6$ .

12. Электрические потери в обмотке статора асинхронного двигателя  $P_{\Sigma 1} = 500 \text{ Вт}$ . Подведенная к двигателю мощность  $P_{1\text{ном}} = 13,8 \text{ кВт}$ . Определить электромагнитную мощность, мощность на валу двигателя, электрические потери в обмотке ротора, механические и добавочные потери, если четырехполюсный двигатель вращается с частотой  $n = 1450 \text{ об/мин.}$ , а КПД машины  $\eta = 87\%$ . Частота сети  $50 \text{ Гц}$ . Магнитные потери в магнитопроводе статора принять равными  $2/3$  от электрических потерь в обмотке статора.

13. Трехфазный асинхронный двигатель работает от сети напряжением  $660 \text{ В}$  при соединении обмоток статора звездой. При номинальной нагрузке он потребляет из сети мощность  $P_1 = 16,7 \text{ кВт}$  при коэффициенте мощности  $\cos\varphi_1 = 0,87$ . Частота вращения  $n_{2\text{ном}} = 1470 \text{ об/мин}$ . Требуется определить КПД двигателя, если магнитные потери  $P_m = 265 \text{ Вт}$ , а механические потери  $P_{\text{мех}} = 123 \text{ Вт}$ . Активное сопротивление фазы обмотки статора  $R_{120} = 0,8 \text{ Ом}$ , а класс нагревостойкости изоляции двигателя  $F$  (рабочая температура двигателя  $\Theta_{\text{раб}} = 115^\circ\text{C}$ ).

14. Двигатель постоянного тока питается от сети напряжением  $110 \text{ В}$  развивает на валу мощность  $5 \text{ кВт}$  при частоте вращения  $2000 \text{ об/мин}$ . Номинальный ток  $I_{1\text{ном}} = 48 \text{ А}$ . Определить вращающий момент на валу двигателя, КПД.

15. Определить начальную кратность пускового тока ДПТ НВ с  $P_n = 4,5 \text{ кВт}$  при прямом включении в сеть  $U = 220 \text{ В}$ . Сопротивление якоря  $R_\alpha = 0,25 \text{ Ом}$ ,  $\eta = 0,85$ . Вычислить сопротивление пускового реостата  $R_{\text{П}}$ , необходимое для снижения пускового тока до  $2,5 I_n$ .

16. Электродвигатель постоянного тока параллельного возбуждения имеет номинальные данные: питающее напряжение  $U_{\text{ном}} = 220 \text{ В}$ , противо-ЭДС, наводимая в

обмотке якоря при номинальном режиме работы  $E_{я\text{ ном}} = 202$  В, частота вращения  $n_{\text{ном}} = 1000$  об/мин, КПД  $\eta_{\text{ном}} = 84$  %, ток, потребляемый из сети,  $I_{\text{ном}} = 30$  А, сопротивление обмотки возбуждения  $R_{\text{в}} = 160$  Ом. Определить номинальные значения: момента на валу двигателя  $M_{\text{в ном}}$ , тока якоря  $I_{\text{я ном}}$ , тока возбуждения  $I_{\text{в ном}}$  и сопротивление обмотки якоря  $R_{\text{я}}$ .

17. Генератор постоянного тока с параллельным возбуждением работает в режиме холостого хода. Сопротивление обмотки якоря 0,2 Ом, сопротивление обмотки возбуждения 120 Ом. Определить ЭДС генератора, если ток возбуждения составляет 2 А.

18. Трёхфазный синхронный двигатель включен в сеть с напряжением 660 В. Мощность на валу 25 кВт, линейный ток, потребляемый из сети 60 А, КПД 0,9. Определить реактивную мощность, потребляемую двигателем из сети.

19. Найти электрические потери в статоре и электромагнитную мощность синхронного генератора, который при симметричной нагрузке отдает полезную мощность  $P_1 = 250$  кВт, фазный ток составляет  $I_{\text{ф}} = 300$  А, активное сопротивление на фазу:  $R = 0,12$  Ом.

20. Неявнополюсный синхронный двигатель характеризуется следующими данными: Номинальная мощность  $P_{2\text{н}} = 100$  кВт; номинальное напряжение  $U_{\text{н}} = 380$  В; коэффициент мощности  $\cos\varphi_{\text{н}} = 0,8$  (опережающий); КПД  $\eta_{\text{н}} = 0,91$  Обмотка статора соединена треугольником. Определить ток, потребляемый обмоткой двигателя из сети в номинальном режиме.

### Дисциплина ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ПРИВОД

1. Сформулировать уравнение движения электропривода.
2. Что представляют собой активный и реактивный моменты? Привести примеры. Момент холостого хода.
3. Естественные и искусственные электромеханические и механические характеристики ДПТ.
4. Естественные механическая и электромеханическая характеристики АД. Формулы Клосса. Искусственные механические характеристики АД. Тормозные режимы АД.
5. Что называется естественной и искусственной статической механической, электромеханической характеристикой двигателя постоянного тока независимого возбуждения? Привести примеры семейств искусственных механических (электромеханических) характеристик а) при введении добавочного сопротивления в цепь якоря, б) при изменении напряжения, в) при изменении магнитного потока.
6. Как изменится ток якоря и скорость его вращения (установившиеся значения), если увеличить (уменьшить) величину добавочного сопротивления в цепи якоря (возбуждения) ДНВ при неизменном моменте на валу?
7. Координаты скольких точек необходимо знать для расчёта и построения естественной или искусственной механической характеристики ДНВ?
8. Какой из тормозных режимов двигателя постоянного тока независимого возбуждения, является генераторным? У каких тормозных режимов КПД равно нулю?
9. Пояснить понятия жёсткости механических характеристик, какова по знаку и модулю статическая жёсткость механической характеристики ДНВ?
10. Какое уравнение асинхронного двигателя называют формулой Клосса?
11. Как влияет на величины пускового тока и пускового момента включение в цепь ротора асинхронного двигателя активного добавочного сопротивления.
12. Что называется естественной и искусственной статической механической, электромеханической характеристикой асинхронного двигателя? Привести примеры семейств искусственных механических характеристик: а) при введении добавочного активного сопротивления в цепь статора; б) при введении добавочного активного сопротивления в цепь ротора; в) при изменении напряжения; г) при изменении частоты питающего напряжения.
13. Привести механические характеристики и пояснить условия перевода и схему включения АД в тормозных режимах: а) противовключения; б) рекуперативного торможения; в) динамического торможения.

14. Изменятся ли критические момент и скольжение, если уменьшить напряжение на обмотке статора на 10% при  $f_1 = f_n$ ?

15. Понятие о переходных процессах электроприводов, факторы, влияющие на характер переходного процесса, классификация переходных процессов, методы анализа.

16. Электромеханические переходные процессы электропривода с линейной механической характеристикой при  $\omega_0 = \text{const}$  и  $M_C = \text{const}$  при пуске и торможении.

17. Для ограничения тока при пуске или торможении до допустимых значений в цепь якоря или ротора двигателя вводится добавочное сопротивление. Какой постоянной времени можно пренебречь на пусковых характеристиках?

18. Перечислить основные причины возникновения переходных процессов в системах электропривода

19. Какие виды инерции оказывают влияние на характер протекания переходных процессов и какими постоянными времени они характеризуются?

20. Система генератор-двигатель (Г-Д). Принципиальная схема системы, её основные элементы. Уравнения, структурные схемы, статические механические характеристики, режимы работы. Основные технико-экономические показатели.

21. Система Г-Д работает в режиме рекуперативного торможения. Какая машина и какую составляющую мощности возвращает в сеть за вычетом суммарных потерь мощности?

22. Изобразить принципиальную схему и семейство механических характеристик системы Г-Д. Пояснить в каких режимах и квадрантах системы координат может работать система Г-Д. Как осуществить переход с одной характеристики на другую в двигательных и тормозных режимах.

23. Понятие о тахограммах и нагрузочных диаграммах механизмов и двигателей. Номинальные режимы работы (S1-S8).

24. Нагревание и охлаждение двигателей в номинальных режимах работы и выбор двигателя для кратковременного, продолжительного и повторно-кратковременного режимов работы.

25. Какие исходные данные необходимы для правильного выбора мощности электродвигателя для производственного механизма?

26. Дать определение понятию тахограммы и нагрузочной диаграммы механизма, привести примеры для механизмов непрерывного и циклического действия.

27. Дать определение и привести идеализированную нагрузочную диаграмму и кривую нагрева для номинальных режимов в работы а) кратковременного б) продолжительного в) повторно-кратковременного.

### **Практические задания:**

#### **Решить задачу**

1. Задача. Паспортные данные двигателя постоянного тока независимого возбуждения:  $P_n = 37$  кВт;  $U_n = 220$  В;  $I_n = 165$  А;  $n_n = 995$  об/мин;  $R_\alpha = 0,17$  Ом.

Определить:

- 1) скорость идеального холостого хода  $\omega_0$ ;
- 2) номинальный электромагнитный момент  $M_n$ ;
- 3)  $I_p$ ; и  $M_p$  (пусковые ток и момент, если сопротивление пускового реостата  $0,4 R_\alpha$ ).

2. Задача. Паспортные данные двигателя постоянного тока параллельного возбуждения:  $U_n = 110$  В;  $I_n = 416$  А;  $I_{вн} = 6$  А;  $n_n = 980$  об/мин.  $R_\alpha = 0,0152$  Ом. Данную машину используют в режиме ГПТ, вращая ее со скоростью  $n_1 = 1300$  об/мин.

Определить выходное напряжение  $U_r$  при номинальной нагрузке. Считать ток возбуждения независимым от режима работы машины.

3. Задача: Паспортные данные двигателя постоянного тока независимого возбуждения типа П81:

$P_n = 42$  кВт;  $U_n = 220$  В;  $I_n = 210$  А;  $n_n = 1470$  об/мин;  $\Phi_n = 0,0124$  Вб;  $k = 105,24$ ;  
 $J = 2,8$  кг·м<sup>2</sup>;  $I_{вн} = 1,64$  А. Определить:

- 1) скорость идеального холостого хода  $\omega_0$ , если двигатель работает при  $\Phi_1 = 0,7 \cdot \Phi_n$ ;
- 2) статическую скорость  $\omega_c$ , если двигатель работает с  $\Phi_1 = 0,7 \cdot \Phi_n$  и  $M = M_n$ ;
- 3) коэффициент жесткости механической характеристики  $\beta$  (при ослабленном потоке, см. выше);
- 4) коэффициент жесткости механической естественной характеристики  $\beta_E$ ;
- 5) электромеханическую постоянную времени  $T_m$  (на естественной характеристике);
- 6) электромеханическую постоянную времени  $T_m$  (при ослабленном потоке, см. выше);
- 7) добавочное сопротивление  $R_d$  в цепи ОВД для обеспечения режима работы с ослабленным полем (см. выше), считая  $\Phi \equiv I_B$ .

4. Задача. Паспортные данные двигателя постоянного тока независимого возбуждения:  $P_n = 22$  кВт;  $U_n = 220$  В;  $I_n = 118$  А;  $\omega_n = 155$  с<sup>-1</sup>.

Определить величину добавочного сопротивления  $R_d$  в цепи якоря двигателя, если он работает в режиме рекуперативного торможения, имея координаты:  $\omega = 235$  с<sup>-1</sup>;  $M = 0,5 \cdot M_n$ .  
Определить мощность на валу машины.

5. Задача. Паспортные данные двигателя постоянного тока независимого возбуждения типа П61:  $P_n = 12$  кВт;  $U_n = 220$  В;  $I_n = 68$  А;  $I_{вн} = 1,25$  А;  $n_n = 1500$  об/мин.

Определить:

- 1) добавочное сопротивление  $R_d$  в цепи ОВД для обеспечения работы ЭП в режиме идеального х.х. со скоростью  $\omega_0 = 2\omega_{0н}$ . Считать  $\Phi \equiv I_B$ ;
- 2) коэффициент ЭДС  $k\Phi$ ;
- 3) коэффициент жесткости искусственной механической характеристики  $\beta$ .

6. Задача. Двигатель постоянного тока независимого возбуждения при работе на естественной характеристике имеет статическое падение  $\Delta n_e = 150$  об/мин, а на искусственной (реостатной) характеристике  $\Delta n_n = 600$  об/мин при прежней нагрузке на валу.

Определить величину добавочного сопротивления  $R_d$  в цепи якоря, если  $R_y = 0,2$  Ом.

2. Задача. Паспортные данные двигателя постоянного тока параллельного возбуждения:  $U_n = 220$  В;  $I_n = 154$  А;  $\eta_n = 0,85$ ;  $n_n = 740$  об/мин;  $R_y = 0,112$  Ом. Двигатель работал с различными магнитными потоками:  $\Phi_1 = \Phi_n$ ;  $\Phi_2 = 0,8\Phi_n$ ;  $\Phi_3 = 0,6\Phi_n$ .

Требуется определить при указанных значениях магнитных потоков:

- 1) скорости идеального холостого хода;
- 2) скорости вращения двигателя при номинальной нагрузке по току.

7. Задача. Паспортные данные двигателя постоянного тока параллельного возбуждения:  $P_n = 55$  кВт;  $U_n = 220$  В;  $I_n = 275$  А;  $R_{ов} = 40$  Ом (при  $t = 15$  °С).

Какое добавочное сопротивление  $R_d$  необходимо включить в цепь якоря, чтобы получить кратность пускового тока, равную 2,5?

8. Задача. Паспортные данные двигателя постоянного тока независимого возбуждения:  $P_n = 55$  кВт;  $U_n = 440$  В;  $I_n = 133$  А;  $n_n = 1480$  об/мин.

Определить:

- 1) сопротивление реостата, который необходимо включить в цепь якоря для обеспечения работы ЭП в режиме торможения противовключением в точке с координатами:  $M = 0,5 \cdot M_n$ ;  $\omega = -94,5$  с<sup>-1</sup>;
- 2) мощность, подводенную к валу двигателя со стороны РМ;
- 3) мощность, потребляемую из сети. Статический момент имеет активный характер.

9. Задача. Паспортные данные двигателя постоянного тока независимого возбуждения типа П51:  $P_n = 3,2$  кВт;  $U_n = 220$  В;  $I_n = 18,3$  А;  $k\Phi = 1,88$  В·с;  $T_m = 0,127$  с.

Определить:

- 1) момент инерции  $J$ ;
- 2) начальный ток в режиме динамического торможения, если  $\omega_{\text{нач}} = \omega_{\text{н}}$ ,  $R_{\text{T}} = 0$ ;
- 3) кратность начального тормозного тока;
- 4) во сколько раз начальный тормозной ток превышает допустимое по условиям коммутации значение.

10. Задача:

Определить скорость вращения двигателя постоянного тока параллельного возбуждения при номинальной нагрузке на валу в двигательном и рекуперативном режимах работы, если известно, что:  $R_{\text{д}} = 0,08 \text{ Ом}$ ;  $R_{\text{я}} = 0,02 \text{ Ом}$ ;  $\omega_0 = 90 \text{ с}^{-1}$ ;  $\omega_{\text{н}} = 83,7 \text{ с}^{-1}$ .

11. Задача. Двигатель постоянного тока параллельного возбуждения работает на естественной характеристике. Номинальное напряжение двигателя равно 220 В. По результатам эксперимента установлено, что:

- 1) при  $I = 60 \text{ А}$ ;  $\omega = 103 \text{ с}^{-1}$ ;
- 2) при  $I = 120 \text{ А}$ ;  $\omega = 101 \text{ с}^{-1}$ ;

Определить:

- 1) скорость идеального холостого хода  $\omega_0$ ;
- 2) сопротивление якорной цепи  $R_{\text{я}}$ ;
- 3) ЭДС для первого случая  $E_1$ ;
- 4) ЭДС для второго случая  $E_2$ ;
- 5) момент для первого случая  $M_1$ ;
- 6) момент для второго случая  $M_2$ .

12. Задача. Двигатель постоянного тока независимого возбуждения типа П51 имеет технические данные:  $P_{\text{н}} = 6 \text{ кВт}$ ;  $U_{\text{н}} = 220 \text{ В}$ ;  $I_{\text{н}} = 33 \text{ А}$ ;  $n_{\text{н}} = 1500 \text{ об/мин}$ ;  $J = 0,35 \text{ кг}\cdot\text{м}^2$ .

Определить:

- 1) электромеханическую постоянную времени  $T_{\text{м}}$ ;
- 2) номинальный момент на валу  $M_{\text{нв}}$ ;
- 3) момент холостого хода  $M_{\text{хх}}$ ;
- 4) добавочное сопротивление  $R_{\text{д}}$  в цепи якоря для обеспечения работы ЭП в точке характеристики с координатами:  $\omega = 0,7 \cdot \omega_{\text{н}}$ ;  $M_{\text{с}} = 0,5 \cdot M_{\text{нв}}$ .

13. Задача. АД имеет паспортные данные:  $R_2 = 0,0174 \text{ Ом}$ ;  $n_{\text{н}} = 705 \text{ об/мин}$ . Двигатель работает на реостатной характеристике в точке с координатами:  $M = M_{\text{н}}$ ,  $\omega = 63 \text{ рад/с}$ .

Определить  $R_{\text{доб}}$  в цепи ротора и скольжение в указанном режиме работы.

Трехфазный шестиполюсный АД работает в установившемся режиме при условиях:  $U_1 = 3 \text{ кВ}$ ;  $I_1 = 18,5 \text{ А}$ ;  $\cos\varphi = 0,87$ ;  $M_{\text{с}} = 730 \text{ Н}\cdot\text{м}$ ;  $n = 980 \text{ об/мин}$ .

Определить:

- 1) мощность на валу  $P_{\text{в}}$ ;
- 2) КПД  $\eta$ ;
- 3) скольжение  $s$ .

14. Задача: АДФР типа МТН-411-6 имеет паспортные данные:  $P_{1\text{н}} = 32,9 \text{ кВт}$ ;  $U_{\text{н}} = 380 \text{ В}$ ;  $n_{\text{н}} = 950 \text{ об/мин}$ ;  $\eta_{\text{н}} = 0,82$ ;  $\cos\varphi_{\text{н}} = 0,77$ ;  $R_2 = 0,08 \text{ Ом}$ ;  $X_2 = 0,233 \text{ Ом}$ ;  $k_E = 1,46$ . (Примечание  $k_{\text{т}} = k_E^2$ ).

Определить:

- 1) номинальный ток статора  $I_{1\text{н}}$ ;
- 2) номинальную мощность  $P_{\text{н}}$ ;
- 3) линейное значение ЭДС обмотки ротора  $E_{2\text{к}}$ ;
- 4) приведенное индуктивное сопротивление обмотки ротора  $X_2'$ ;
- 5) приведенное активное сопротивление обмотки ротора  $R_2'$ ;
- 6) скольжение, если двигатель в режиме торможения противовключением имеет  $\omega_{\text{с}} = -0,3 \cdot \omega_{\text{н}}$ .

15. Задача. АДКЗР типа МТКФ–411–6 имеет паспортные данные:  $U_H = 380$  В;  $I_{1H} = 51,3$  А;  $\cos\varphi_H = 0,79$ ;  $\lambda_m = 2,6$ ;  $GD^2 = 1,9$  кг·м<sup>2</sup>.

Определить:

- 1) момент инерции двигателя  $J_d$ ;
- 2) номинальный ток намагничивания  $I_{\mu H}$ ;
- 3) активную составляющую тока статора  $I_{1a}$ ;
- 4) реактивную составляющую тока статора  $I_{1p}$ ;
- 5) номинальную мощность, потребляемую из сети  $P_{1H}$ .

16. Задача. АДКЗР типа МТКН-112-6 имеет данные:  $U_H = 380$  В;  $n_H = 900$  об/мин.;  $R_1 = 1,61$  Ом;  $X_1 = 1,14$  Ом;  $R'_2 = 2,19$  Ом;  $X'_2 = 1,12$  Ом.

Определить:

- 1) пусковой момент  $M_H$ ;
- 2) пусковой ток ротора  $I'_{2H}$ ;
- 3) критическое скольжение  $s_k$ ;
- 4) номинальный электромагнитный момент  $M_H$ ;
- 5) номинальную электромагнитную мощность  $P_{эH}$ .

17. Задача. АДКЗР типа МТКН-312-6 имеет данные:  $U_H = 380$  В;  $I_{1H} = 36,1$  А;  $n_H = 930$  об/мин;  $k_r = 0,36 \cdot 10^4$ ;  $R_1 = 0,337$  Ом;  $X_1 = 0,431$  Ом;  $R'_2 = 0,48$  Ом;  $X'_2 = 0,36$  Ом. (Примечание  $k_r = k_E^2$ ).

Определить:

- 1) коэффициент трансформации ЭДС  $k_E$ ;
- 2) номинальный электромагнитный момент  $M_H$ ;
- 3) приведенный ток ротора  $I'_{2H}$ ;
- 4) действительное активное сопротивление обмотки ротора  $R_2$ ;
- 5) действительное индуктивное сопротивление обмотки ротора  $X_2$ .

18. Задача. АДКЗР типа МТКФ–311–6 имеет паспортные данные:  $U_H = 380$  В;  $n_H = 910$  об/мин;  $\lambda_m = 2,9$ ;  $R_1 = 0,48$  Ом;  $X_1 = 0,65$  Ом;  $R'_2 = 0,8$  Ом;  $X'_2 = 0,555$  Ом.

Определить:

- 1) критическое скольжение  $s_k$ ;
- 2) критический момент  $M_k$ ;
- 3) электромагнитную постоянную времени  $T_3$ ;
- 4) приведенное к обмотке статора значение тока ротора  $I'_{2H}$ ;
- 5) коэффициент жесткости механической характеристики  $\beta$ .

19. Задача. АДКЗР типа МТКН-411-6 имеет паспортные данные:  $U_H = 380$  В;  $R_1 = 0,22$  Ом;  $R'_2 = 0,33$  Ом;  $X_k = 0,62$  Ом;  $n_H = 935$  об/мин.;  $J_d = 0,475$  кг·м<sup>2</sup>. Данные механической части привода:  $J_M = 12$  кг·м<sup>2</sup>;  $j = 3$ ;  $\eta = 0,85$ .

Определить:

- 1) электромеханическую постоянную времени  $T_M$ ;
- 2) электромагнитную постоянную времени  $T_3$ ;
- 3) приведенный ток ротора  $I'_{2H}$ ;
- 4) номинальный момент электромагнитный  $M_H$ .

### Дисциплина ОСНОВЫ РОБОТОТЕХНИКИ И МЕХАТРОНИКИ

1. Чем вызвана необходимость создания роботов?
2. Основные классификационные признаки роботов.
3. Основные понятия: промышленный робот, манипулятор, гибкая производственная система.



4. Какие факторы обеспечивают эффективность применения ГПС?
5. Что такое гибкий производственный модуль, участок, линия? В чём отличия между ними?
6. Подсистемы ГПС.
7. Классификация роботов по системе управления.
8. Основные классы роботов.
9. Какие существуют типы захватных устройств?
10. Основные кинематические схемы манипуляторов.
11. В чём состоят прямая и обратная задачи кинематики манипулятора?
12. В чём заключаются принципы унификации роботов?
13. В чём заключается агрегатно-модульное построение роботов?
14. Общая характеристика манипуляторов.
15. Как рассчитывается мощность двигателей приводов робота?
16. Основные требования к двигателям приводов робота.
17. Что такое центрирующее устройство? Из каких основных элементов оно состоит?
18. Какие существуют виды приводов? В чём их отличие?
19. Унификация промышленных роботов по грузоподъемности.
20. Что такое ориентирующие и переносные степени подвижности?
21. С какими системами координат связаны кинематические схемы роботов?
22. В чём отличие функций систем циклового и контурного управления?
23. Каковы особенности систем управления с обратной связью?
24. Сформулируйте определение систем циклового, позиционного и контурного управления роботами.
25. Классификация систем программного управления.
26. Какие существуют методы программирования и обучения робота?
27. В чём состоит особенность программного управления роботами?
28. В чём состоит недостаток жесткого программного управления?
29. Какие уровни языков программирования роботов существуют?
30. В чём состоит отличие адаптивной системы управления от программной?
31. Какова роль дополнительных информационных средств в адаптивной системе управления?
32. Какие уровни адаптации робототехнических систем существуют?
33. По каким признакам классифицируются информационные устройства роботов?
34. Каково назначение локационных систем осязания?
35. Тактильные системы.
36. Назначение технического зрения роботов.
37. Дайте определение системы технического зрения.
38. Каково назначение силомоментных систем осязания?
39. В чём заключается принцип действия ультразвуковых локационных систем?
40. Назовите основные типы систем дистанционного управления манипуляторами.
41. В чём заключается принцип полуавтоматического управления?
42. Что такое супервизорное дистанционное управление роботами?
43. Какие типы дистанционных копирующих систем существуют?
44. Чем отличаются системы копирующего типа двустороннего действия от систем одностороннего действия?
45. Каковы особенности диалогового управления?
46. В чём отличия в применении роботов на основных и вспомогательных операциях?
47. Приведите примеры применения роботов на основной технологической операции.
48. Приведите примеры применения роботов на вспомогательной технологической операции.
49. Какие комплексные решения применяются при автоматизации проектирования производства?
50. Приведите примеры программных продуктов классов CAD, CAE, CAD/CAM/CAE.

51. Какие задачи решаются в T-FLEX технология?
52. Дайте анализ структуры РТК на штамповочном производстве.
53. Дайте анализ структуры РТК на токарно-фрезерном участке производства.

**Практические задания:**

**1. Определить рабочую зону робота, выраженную через переменную расстояния «а», согласно цилиндрической и сферической системе координат.**

1.1. Произвести аналитический расчёт и графическое отображение рабочей зоны робота-манипулятора, основанного на цилиндрической системе координат. Выразить результат вычислений через переменную расстояния «а». Исходные данные рис.1.

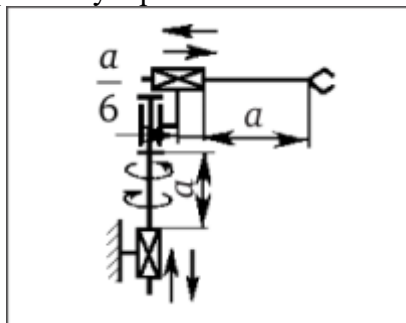


Рисунок 1. Исходные данные к практическому заданию 1.1

1.2. Произвести аналитический расчёт и графическое отображение рабочей зоны робота-манипулятора, основанного на цилиндрической системе координат. Выразить результат вычислений через переменную расстояния «а». Исходные данные рис.2.

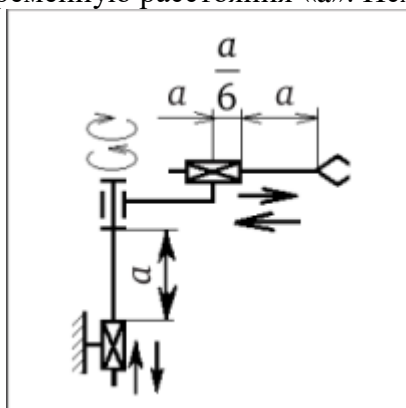


Рисунок 2. Исходные данные к практическому заданию 1.2

1.3. Произвести аналитический расчёт и графическое отображение рабочей зоны робота-манипулятора, основанного на цилиндрической системе координат. Выразить результат вычислений через переменную расстояния «а». Исходные данные рис.3.

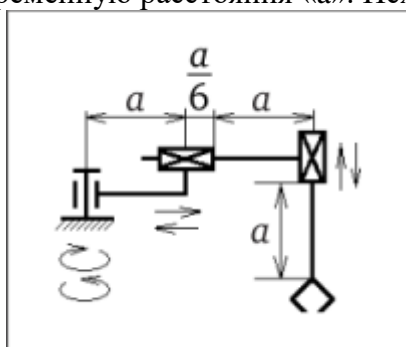


Рисунок 3. Исходные данные к практическому заданию 1.3

1.4. Произвести аналитический расчёт и графическое отображение рабочей зоны робота-манипулятора, основанного на цилиндрической системе координат. Выразить результат вычислений через переменную расстояния «а». Исходные данные рис.4.

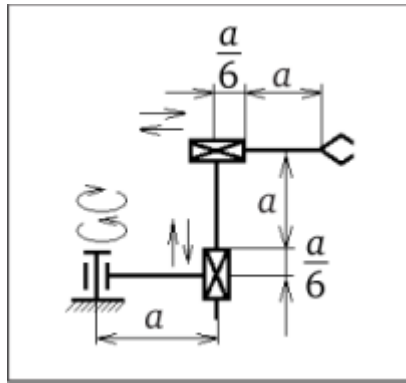


Рисунок 4. Исходные данные к практическому заданию 1.4

1.5. Произвести аналитический расчёт и графическое отображение рабочей зоны робота-манипулятора, основанного на сферической системе координат. Выразить результат вычислений через переменную расстояния «а». Исходные данные рис.5.

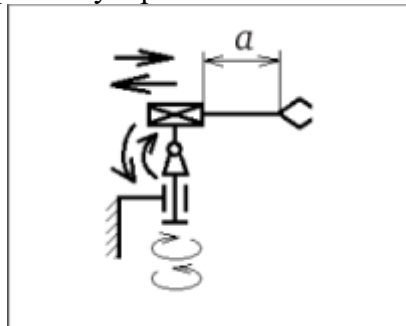


Рисунок 5. Исходные данные к практическому заданию 1.5

1.6. Произвести аналитический расчёт и графическое отображение рабочей зоны робота-манипулятора, основанного на сферической системе координат. Выразить результат вычислений через переменную расстояния «а». Исходные данные рис.6.

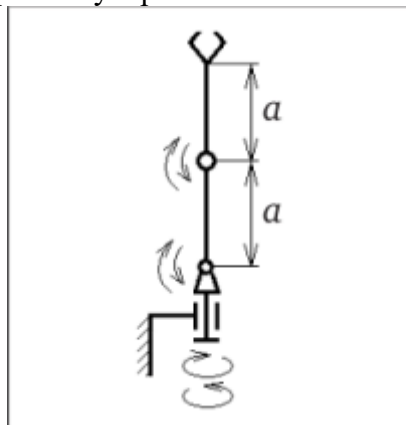


Рисунок 6. Исходные данные к практическому заданию 1.6

1.7. Произвести аналитический расчёт и графическое отображение рабочей зоны робота-манипулятора, основанного на сферической системе координат. Выразить результат вычислений через переменную расстояния «а». Исходные данные рис.7.

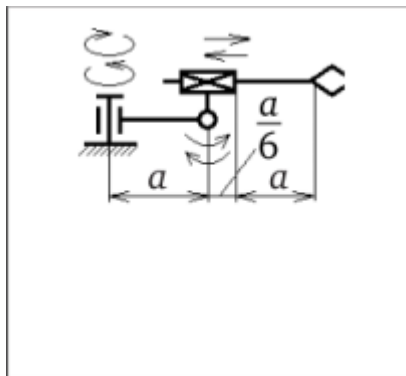


Рисунок 7. Исходные данные к практическому заданию 1.7

1.8. Произвести аналитический расчёт и графическое отображение рабочей зоны робота-манипулятора, основанного на сферической системе координат. Выразить результат вычислений через переменную расстояния «а». Исходные данные рис.8.

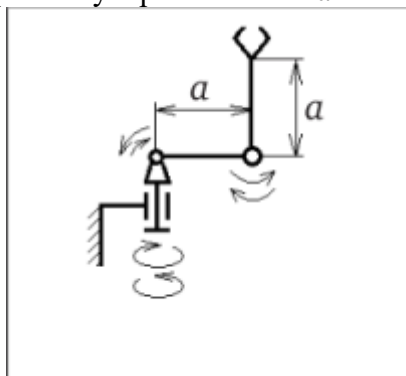


Рисунок 8. Исходные данные к практическому заданию 1.8

**2. Провести структурный анализ робота-манипулятора и определить количество степеней подвижности в плоскости или пространстве согласно формулам Сомова-Малышева и Чебышева.**

2.1. Определить число степеней свободы робота-манипулятора согласно структурной схеме, представленной на рисунке 9.

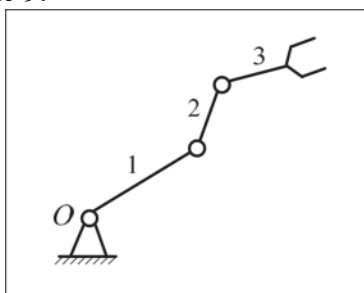


Рисунок 9. Исходные данные к практическому заданию 2.1

2.2. Определить число степеней свободы робота-манипулятора согласно структурной схеме, представленной на рисунке 10.

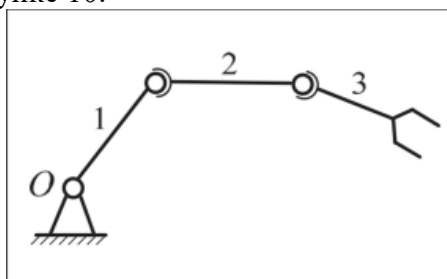


Рисунок 10. Исходные данные к практическому заданию 2.2

2.3. Определить число степеней свободы робота-манипулятора согласно структурной схеме, представленной на рисунке 11.

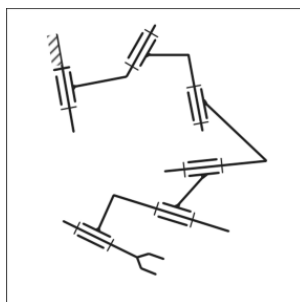


Рисунок 11. Исходные данные к практическому заданию 2.3.

2.4. Определить число степеней свободы робота-манипулятора согласно структурной схеме, представленной на рисунке 12.

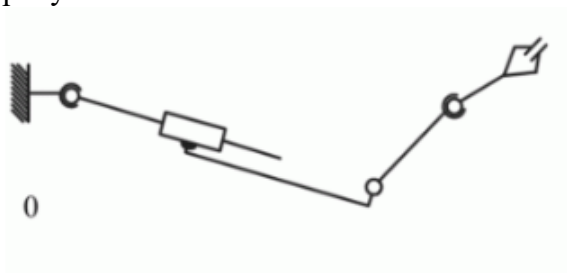


Рисунок 12. Исходные данные к практическому заданию 2.4

2.5. Определить число степеней свободы робота-манипулятора согласно структурной схеме, представленной на рисунке 13.

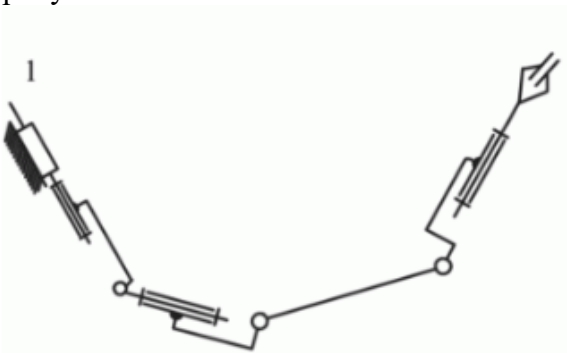


Рисунок 13. Исходные данные к практическому заданию 2.5

2.6. Определить число степеней свободы робота-манипулятора согласно структурной схеме, представленной на рисунке 14.

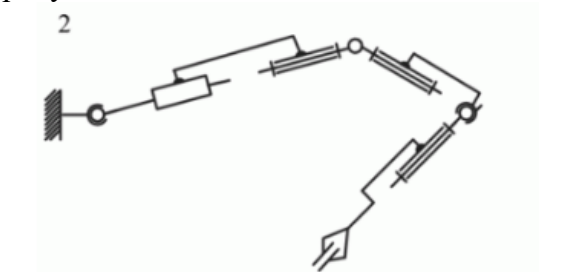


Рисунок 14. Исходные данные к практическому заданию 2.6

2.7. Определить число степеней свободы робота-манипулятора согласно структурной схеме, представленной на рисунке 15

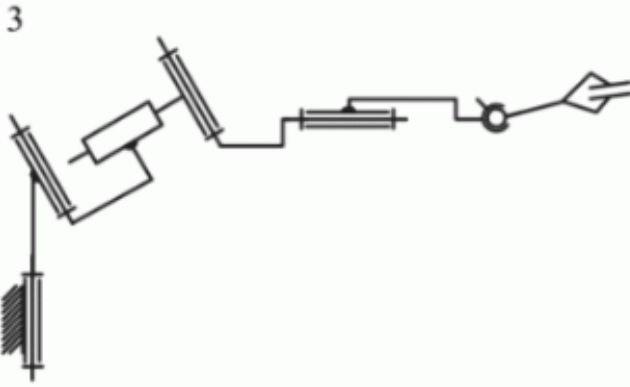


Рисунок 15. Исходные данные к практическому заданию 2.7

2.8. Определить число степеней свободы робота-манипулятора согласно структурной схеме, представленной на рисунке 16

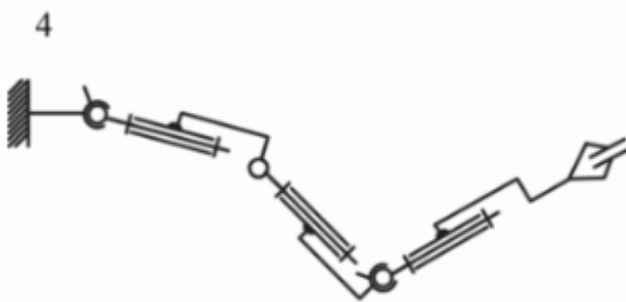


Рисунок 16. Исходные данные к практическому заданию 2.8

2.9. Определить число степеней свободы робота-манипулятора согласно структурной схеме, представленной на рисунке 17

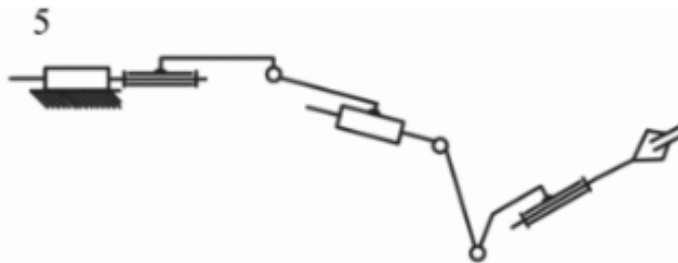


Рисунок 17. Исходные данные к практическому заданию 2.9

2.10. Определить число степеней свободы робота-манипулятора согласно структурной схеме, представленной на рисунке 18

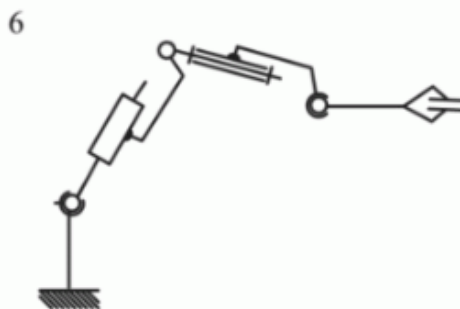


Рисунок 18. Исходные данные к практическому заданию 2.10

2.11. Определить число степеней свободы робота-манипулятора согласно структурной схеме, представленной на рисунке 19

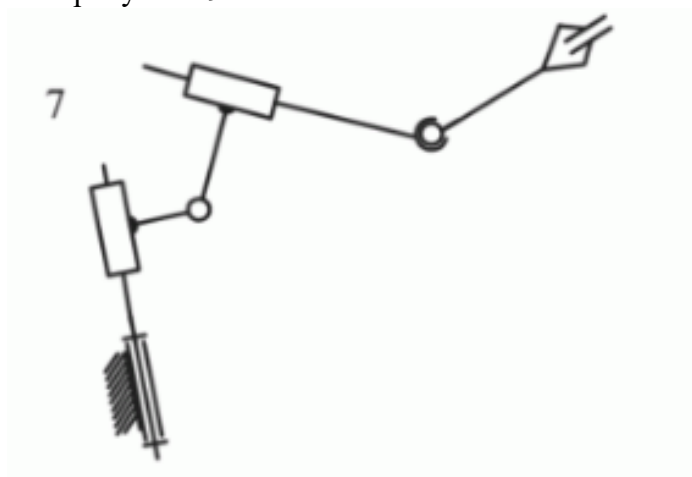


Рисунок 19. Исходные данные к практическому заданию 2.11

2.12. Определить число степеней свободы робота-манипулятора согласно структурной схеме, представленной на рисунке 20

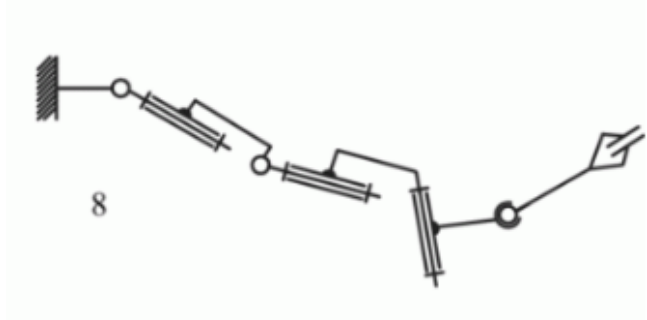


Рисунок 20. Исходные данные к практическому заданию 2.12

2.13. Определить число степеней свободы робота-манипулятора согласно структурной схеме, представленной на рисунке 21

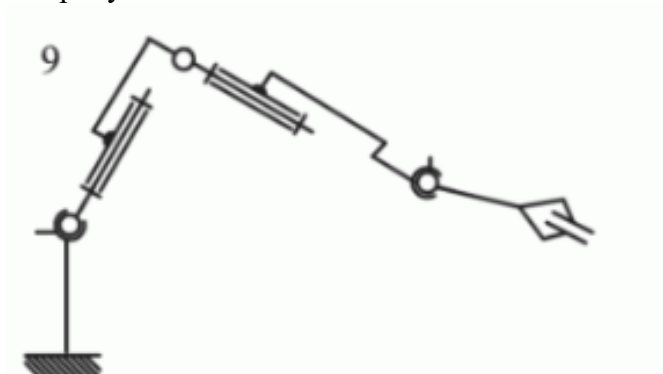


Рисунок 21. Исходные данные к практическому заданию 2.13

Вопросы к государственному экзамену рассмотрены и утверждены на заседании кафедры ОНД 24 октября 2022 г., протокол № 9.