

МПС СССР

ВСЕСОЮЗНЫЙ ЗАОЧНЫЙ ИНСТИТУТ
ИНЖЕНЕРОВ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА

ПОДЛЕЖИТ ВОЗВРАТУ

Одобрено кафедрой
Тепловозов и тепловозного
хозяйства

ПОДВИЖНОЙ СОСТАВ И ТЯГА ПОЕЗДОВ

Задание на контрольную работу № 1
с методическими указаниями
для студентов III курса

специальности

УПРАВЛЕНИЕ ПРОЦЕССАМИ ПЕРЕВОЗОК НА
ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ

Канд. техн. наук, доц. Н. М. ХУТОРЯНСКИЙ

ПОДВИЖНОЙ СОСТАВ И ТЯГА ПОЕЗДОВ

Задание на контрольную работу № 1

Редактор И. Ф. Бедунов
Техн. редактор Н. Н. Соловьева
Корректор О. И. Вартамян

Сдано в набор 20.10.1988. Подписано в печать 27.04.1989. Тираж 3500.
Гарнитура литературная. Печать высокая. Формат 60×90/16.
Печ. л. 1,25 + вклад. Уч.-изд. л. 1,75. Тип. зак. 1965. Изд. зак. 3. Бесплатно.

Редакционно-издат. отдел, типография ВЗИИТа,
125808, Москва; ГСП-47, ул. Часовая, 22/2

Москва — 1989

По учебному плану студенты III курса специальности «Управление процессами перевозок на железнодорожном транспорте» при изучении дисциплины «Подвижной состав и тяга поездов» выполняют две контрольные и одну курсовую работы. Выполнение этих работ способствует лучшему усвоению материала по устройству и содержанию систем электрооборудования электрифицированных железных дорог, локомотивов и вагонов, методам тяговых и тормозных расчетов и расчетов по определению основных показателей использования подвижного состава, принципам организации работ на предприятиях локомотивного и вагонного хозяйства, которые необходимо знать инженеру эксплуатационной специальности.

Обращаем внимание на необходимость правильно вести записи при выполнении расчетов. Расчетные формулы записываются сначала в общем виде с буквенными обозначениями, затем в формулу подставляются числовые значения величин — аргументов и далее после знака равенства ставится цифровой результат вычислений с обязательным указанием единиц измерения для именованных величин.

Пример.

$$P_{\text{сч}} = Pm = 250 \cdot 8 = 2000 \text{ кН}$$

ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ

В контрольной работе студент должен письменно ответить на вопросы и решить задачи.

При решении задач следует осмысленно применять расчетные формулы и тщательно продумывать выводы и результаты. Совершенно недопустимо механическое применение формул и выполнение по ним расчетов. Методические указания, которые приводятся ниже, не избавляют студента от необходимости глубоко и внимательно разобраться в рассматриваемых вопросах, используя рекомендуемую литературу. При несоблюдении этого студент не приобретает необходимых знаний и окажется неподготовленным к экзамену по дисциплине.

При выполнении контрольной работы необходимо придерживаться следующих положений:

1. Тетрадь для выполнения работы должна быть составлена из стандартных листов писчей бумаги (размером 210×297 мм) с обязательным оставлением полей для замечаний рецензента. На обложке или титульном листе контрольной работы необходимо указать: название дисциплины, курс, фамилию, инициалы и учебный шифр студента.

В начале работы следует указать год издания задания на контрольную работу, в соответствии с которым она выполняется.

2. Работа должна быть написана аккуратно, разборчивым почерком, без сокращения слов.

3. Материал в контрольной работе следует излагать с соблюдением принятой в технической литературе терминологии.

4. Контрольные вопросы, на которые требуется дать ответы, и исходные данные для решения задач должны быть обязательно приведены в работе.

Ответы на вопросы должны быть краткими, но исчерпывающими и снабжены необходимыми иллюстрациями.

5. Решения задач нужно сопровождать пояснениями. Расчетные формулы приводятся сначала в общем виде с применением принятых буквенных обозначений, после чего следует

подставить в формулу числовые значения величин и проставить результат (см. пример на обороте обложки).

Необходимо указать, что представляют собой величины, входящие в формулу, обязательно проставляя для именованных величин их единицы измерения.

6. При выборе расчетных величин и параметров, использовании таблиц, формул, справочных материалов нужно ссылаться на источники; использованную литературу (автор, название книги, год издания) следует привести в конце работы.

7. Точность вычислений до 1% является достаточной при расчетах, поэтому допустимо использование для вычислений логарифмической линейки. Однако для ускорения вычислений желательно использование калькуляторов и электронных вычислительных машин.

8. Графики, схемы, эскизы, чертежи, таблицы выполняются на белой или миллиметровой бумаге и вклеиваются или вшиваются между листами контрольной работы. Вкладывать их в тетрадь следует так же, как и страницы с текстом, в **корешок тетради**, не поворачивая на 90°, чтобы ими удобно было пользоваться (не следует приклеивать их к полям страниц!).

Вкладывать графики и таблицы в тетрадь нужно сразу же за той страницей, где есть касающиеся их пояснения. Не разрешается прилагать иллюстрации, вырезанные из книг, журналов, инструкций, а также скопированные на кальку.

9. Страницы контрольной работы, иллюстрации, таблицы и графики должны быть **пронумерованы**. Таблицы должны иметь наименования; иллюстрации и графики — подписанные подписи.

10. При изображении графических зависимостей следует:

- а) на каждом графике иметь нулевую абсциссу и нулевую ординату;

- б) графические зависимости вычерчивать аккуратно, **остро заточенным карандашом**;

- в) оси координат выделять более толстой линией;

- г) на осях координат проставлять буквенные обозначения откладываемых величин и их единицы измерения;

- д) на осях координат нанести числовые шкалы в соответствии с принятыми масштабами изображения величин.

При построении графических зависимостей на миллиметровой бумаге следует выбрать начало координат в точке пересечения жирных линий; круглые значения числовых шкал на осях координат весьма желательно ставить против более жирных линий сетки.

11. Работу следует подписать и указать дату ее выполнения.

12. Готовая работа должна быть выслана в институт не позднее срока, установленного учебным планом.

После получения прорецензированной работы нужно независимо от того, зачтена она или не зачтена, исправить все ошибки и сделать требуемые дополнения. Если работа не зачтена, следует в кратчайший срок выполнить требования рецензента и выслать исправленную работу вместе с рецензией в институт для повторной проверки*. При этом нет необходимости переписывать целиком работу или отдельные ее разделы.

Все исправления и дополнения должны быть сделаны на отдельных листках и вклеены или вшиты в соответствующие места работы.

Стирать или зачеркивать замечания рецензента, а также производить исправления по написанному тексту **запрещается**.

Выполнив какое-либо исправление в решении задачи и получив новый числовой результат следует, если это требуется, внести соответствующие поправки в дальнейшие расчеты.

Контрольная работа, в которой не соблюдены изложенные выше положения, а также работа, выполненная студентом не по своему варианту, не зачитывается.

Зачтенную работу с исправлениями и дополнениями, сделанными по требованию рецензента, следует сохранять, так как ее необходимо представить при сдаче экзамена по дисциплине.

Перед выполнением контрольной работы студенту необходимо изучить рекомендуемую литературу.

Вопросы в контрольной работе № 1 касаются устройства и принципов работы электровозов, тепловозов, газотурбозов, грузовых и пассажирских вагонов, а также важнейших узлов и агрегатов подвижного состава. **Эти вопросы могут быть использованы для самопроверки при изучении дисциплины и при подготовке к экзамену.**

Для сдачи экзамена по дисциплине «Подвижной состав и тяга поездов» требуется не только знание материала, охватываемого курсовой и контрольными работами, но и усвоение всех теоретических и прикладных вопросов программы по этой дисциплине.

* На обложке тетради в этом случае должна быть сделана надпись: «Работа исправлена» или «На повторное рецензирование».

Рекомендуемая литература

1. Подвижной состав и тяга поездов/Под ред. д-ра техн. наук, проф. Н. А. Фуфринского и канд. техн. наук, доц. В. В. Деева. — М.: Транспорт, 1979.
2. Осипов С. И. и др. Подвижной состав и основы тяги поездов. — М.: Транспорт, 1983.
3. Калинин В. К. и др. Электроподвижной состав железных дорог. М.: Транспорт, 1972.
4. Кузьмич В. Д. и др. Тепловозы. — М.: Транспорт, 1982.
5. Скиба И. Ф. Вагоны. — М.: Транспорт, 1980.
6. Шадура Л. А. и др. Вагоны. — М.: Транспорт, 1980.
7. Крылов В. И., Крылов В. В. Автоматические тормоза подвижного состава. — М.: Транспорт, 1983.
8. Бартош Е. Т. Газовая турбина на железнодорожном транспорте. — М.: Транспорт, 1972.
9. Грузовые вагоны колеи 1520 мм железных дорог СССР. — М.: Транспорт, 1989.

I. ЛОКОМОТИВЫ

Необходимо ответить на четыре вопроса, номера которых выбираются из табл. 1 в соответствии с последней и предпоследней цифрами учебного шифра студента*.

Вопросы

1. Приведите схему электроснабжения электрифицированного участка железной дороги на постоянном токе и укажите назначение основных агрегатов.
2. Приведите схему электроснабжения электрифицированного участка железной дороги на переменном токе и укажите назначение основных агрегатов.
3. Перечислите и опишите основные узлы электровоза постоянного тока, укажите их назначение. Приведите схему расположения основного оборудования на электровозе.
4. Приведите принципиальную (силовую) электрическую схему электровоза постоянного тока; дайте необходимые пояснения к ней.
5. Перечислите и опишите основные узлы электровоза переменного тока, укажите их назначение. Приведите схему расположения основного оборудования на электровозе.
6. Приведите принципиальную (силовую) электрическую схему электровоза переменного тока с полупроводниковыми выпрямителями и дайте необходимые пояснения к ней.
7. Какие вспомогательные машины устанавливаются на электровозе? Дайте их краткую характеристику, укажите назначение.

* Если в учебном шифре после буквы, обозначающей специальность, стоит лишь одна цифра, то эта цифра считается последней, а предпоследняя цифра будет 0.

Таблица 1

Предпоследняя цифра шифра	Последняя цифра шифра								
	0	1	2	3	4	5	6	7	8
0	5; 13 42; 52	1; 7 25; 56	2; 8 26; 51	3; 19 27; 52	4; 11 28; 53	5; 12 29; 54	6; 13 30; 55	6; 14 31; 56	5; 15 32; 56
1	3; 17 34; 54	2; 18 35; 53	1; 8 36; 52	1; 7 37; 51	2; 8 38; 52	3; 19 39; 50	4; 20 40; 50	5; 21 41; 51	6; 22 42; 52
2	5; 24 30; 54	4; 11 44; 55	3; 12 35; 56	2; 9 46; 56	1; 7 47; 55	1; 8 48; 54	2; 7 49; 53	3; 20 50; 52	4; 12 50; 51
3	6; 14 48; 52	6; 24 28; 53	1; 8 47; 54	2; 7 46; 57	3; 23 45; 56	4; 22 44; 55	5; 21 43; 54	1; 7 42; 53	2; 8 41; 52
4	4; 20 39; 50	5; 21 38; 42	6; 22 37; 43	1; 9 36; 50	2; 10 29; 51	3; 16 35; 52	4; 17 34; 53	5; 15 33; 54	6; 18 32; 55
5	5; 19 30; 50	4; 18 29; 49	3; 17 28; 39	2; 9 27; 49	1; 10 30; 48	2; 10 26; 47	2; 10 29; 46	3; 18 28; 56	4; 19 27; 55
6	6; 21 25; 53	1; 10 29; 52	2; 9 25; 51	3; 22 26; 50	4; 23 27; 39	5; 24 30; 40	6; 11 28; 41	1; 7 29; 47	2; 8 30; 46
7	4; 13 32; 44	5; 14 33; 43	6; 15 34; 42	6; 16 35; 40	5; 17 36; 41	4; 18 37; 42	3; 19 38; 42	2; 9 39; 50	1; 10 40; 44
8	2; 8 41; 56	3; 20 42; 55	4; 21 43; 54	5; 22 44; 53	6; 23 45; 52	7; 24 29; 51	1; 10 30; 50	2; 9 46; 51	3; 24 28; 44
9	5; 22 48; 56	6; 21 49; 56	7; 20 50; 55	1; 10 29; 44	2; 7 25; 45	3; 19 26; 46	4; 18 27; 47	5; 17 28; 48	6; 18 29; 46

8. Какие графические зависимости называются электро-механическими (электротяговыми) характеристиками тяговых электродвигателей? Приведите эти характеристики.

9. Что называют часовой и длительной мощностью тягового электродвигателя?

10. Как устроен тяговый электродвигатель электровоза? Укажите назначение его частей.

11. Расскажите о способах регулирования режимов работы тяговых электродвигателей электровозов постоянного тока (изменение напряжения на зажимах электродвигателя, изменение магнитного потока главных полюсов).

12. Как осуществляется реверсирование локомотива (электровоза, тепловоза)? Приведите схему реверсора и поясните принцип его работы.

13. Что называется реостатным торможением? Приведите принципиальную схему реостатного торможения и поясните ее.

14. Что называется рекуперативным торможением? Приведите принципиальную схему рекуперативного торможения и поясните ее.

15. Чем отличается рекуперативное торможение локомотива от реостатного?

16. Перечислите преимущества электрического торможения.

17. Приведите схему и поясните принцип действия электропневматического контактора. Для чего служит устройство дугогашения?

18. Приведите схему и поясните принцип действия электромагнитного контактора. Для чего служит устройство дугогашения?

19. Укажите назначение контроллера машиниста электровоза (или тепловоза) и объясните, как он работает.

20. Какие основные агрегаты устанавливаются на тяговых подстанциях при электрификации участка на постоянном токе? Укажите назначение этих агрегатов.

21. Какие основные агрегаты устанавливаются на тяговых подстанциях при электрификации участка на переменном токе? Укажите назначение этих агрегатов.

22. Какие контактные подвески применяются на электрических железных дорогах? Дайте их сравнительную характеристику.

23. Какие способы подвески тяговых электродвигателей применяются на электровозах и тепловозах? В чем их преимущества и недостатки?

24. Опишите устройство тележки электровоза; как переда-

ется тяговое усилие с колесных пар на автосцепку электровоза?

25. Для чего необходима на тепловозе специальная передача между дизелем и движущими колесами?

26. Приведите схему расположения оборудования на магистральном тепловозе и укажите назначение основных агрегатов.

27. Приведите схему расположения оборудования на маневровом тепловозе и укажите назначение основных агрегатов.

28. Укажите фазы преобразования энергии на тепловозе при передаче мощности от дизеля на движущие колесные пары.

29. Приведите схему и индикаторную диаграмму четырехтактного тепловозного двигателя и кратко поясните принцип его работы.

30. Приведите схему и индикаторную диаграмму двухтактного тепловозного двигателя и кратко поясните принцип его работы.

31. Приведите схему топливного насоса тепловозного дизеля и кратко опишите его работу.

32. Приведите схему топливной форсунки тепловозного дизеля и кратко опишите ее работу.

33. Для чего предназначен регулятор частоты вращения и мощности дизеля (объединенный регулятор)? Как он управляет работой дизеля?

34. Что представляет собой наддув дизеля? Для чего применяют наддув в тепловозных дизелях?

35. Какие системы наддува применяют в тепловозных дизелях? Зачем при наддуве охлаждают воздух перед подачей его в цилиндры дизеля?

36. Приведите схему топливной системы тепловоза и поясните ее.

37. Приведите схему масляной системы тепловоза и поясните ее.

38. Приведите схему водяной системы тепловоза и поясните ее.

39. Приведите принципиальную схему электрической передачи тепловоза и кратко опишите ее.

40. Приведите схему тепловоза с гидравлической передачей и укажите назначение основных агрегатов.

41. Что представляют собой и для чего предназначаются гидромфта и гидротрансформатор на тепловозе с гидравлической передачей?

42. Для чего предназначен главный (тяговый) генератор

тепловоза? Из каких основных частей он состоит? Укажите их назначение.

43. Для чего предназначены тяговые электродвигатели (ТЭД) тепловоза? Из каких основных частей состоит ТЭД? Укажите их назначение.

44. Какие электрические аппараты устанавливаются на тепловозах? Укажите их назначение.

45. Приведите принципиальную электрическую схему современного тепловоза с передачей постоянного тока и дайте необходимые пояснения к ней.

46. Приведите принципиальную электрическую схему тепловоза с передачей переменного-постоянного тока и дайте необходимые пояснения к ней.

47. Приведите принципиальную схему тепловозной электрической передачи переменного тока и дайте необходимые пояснения к ней.

48. Проведите сравнение электрической и гидравлической передачи тепловоза, укажите их преимущества и недостатки.

49. Укажите назначение, опишите устройство и поясните принцип работы аккумуляторной батареи тепловоза.

50. Опишите устройство тележки тепловоза; как передается тяговое усилие с колесных пар на автосцепку тепловоза?

51. Приведите принципиальную схему одновальной газотурбинной установки газотурбовоза и дайте необходимые пояснения к ней.

52. Приведите принципиальную схему газотурбинной установки газотурбовоза с регенерацией тепла и дайте необходимые пояснения к ней.

53. Приведите принципиальную схему двухвальной локомотивной газотурбинной установки и дайте краткие пояснения к ней.

54. Приведите принципиальную схему трехвальной локомотивной газотурбинной установки и дайте краткие пояснения к ней.

55. Укажите, что имеют общего электровоз, тепловоз и газотурбовоз и чем они отличаются друг от друга.

56. Приведите схему расположения оборудования на газотурбовозе и укажите назначение основных агрегатов.

Задача № 1

Определение КПД электрической тяги

Исходные данные для решения задачи выбираются по шифру студента из табл. 2 и 3.

Таблица 2

Наименование	Последняя цифра шифра									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
КПД электростанции	0,36	0,38	0,34	0,33	0,40	0,29	0,34	0,32	0,40	0,41
КПД повысительного трансформатора	0,98	0,97	0,98	0,97	0,98	0,97	0,98	0,97	0,98	0,97
КПД линии электропередачи	0,96	0,95	0,96	0,95	0,97	0,95	0,96	0,96	0,97	0,96
КПД тяговой подстанции	0,92	0,91	0,90	0,92	0,91	0,92	0,90	0,92	0,90	0,91
КПД контактной сети	0,94	0,93	0,94	0,93	0,93	0,92	0,94	0,93	0,91	0,92

Таблица 3

Наименование	Предпоследняя цифра шифра									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
КПД электровоза	0,88	0,89	0,84	0,89	0,88	0,85	0,84	0,88	0,89	0,85

Методические указания к задаче № 1

Под коэффициентом полезного действия электрической тяги подразумевают КПД всей системы, включая КПД установок для выработки, передачи, преобразования и потребления энергии. В каждом из звеньев этой системы существуют потери энергии, которые следует учитывать при определении коэффициента полезного действия системы.

Электрическая энергия вырабатывается на тепловых, гидравлических, а также атомных электростанциях. В настоящее время в СССР примерно 78% электроэнергии производится на тепловых электростанциях, 13% — на гидроэлектростанциях, около 9% — на атомных электростанциях.

КПД тепловых электростанций зависит во многом от параметров пара, поступающего в турбины. При увеличении давления и температуры пара КПД тепловых электростанций повышается. Современные мощные паротурбинные установки работают при давлении пара 25 МПа и температуре его



570 °С, что позволяет достичь коэффициента полезного действия тепловой электростанции примерно 40%. В последние годы проводятся работы по созданию новых типов генерирующих установок, в частности магнитогидродинамических (МГД) генераторов электроэнергии, позволяющих непосредственно преобразовывать тепловую энергию в электрическую.

Коэффициент полезного действия у электровозов постоянного тока 88—89%, у электровозов переменного тока 84—85% (имеют место дополнительные потери в понижающем трансформаторе и выпрямителе тока).

Коэффициент полезного действия электрической тяги определяется произведением КПД составляющих звеньев:

$$\eta_0 = \eta_{ис} \eta_{пт} \eta_{лп} \eta_{тп} \eta_{кс} \eta_в$$

где $\eta_{ис}$ — КПД тепловой электростанции;
 $\eta_{пт}$ — » повысительного трансформатора;
 $\eta_{лп}$ — » линии электропередачи;
 $\eta_{тп}$ — » тяговой подстанции;
 $\eta_{кс}$ — » контактной сети;
 $\eta_в$ — » электровоза.

Задача № 2

Построение тяговой характеристики электровоза

1. По заданным электрохимическим характеристикам тягового электродвигателя построить тяговую характеристику электровоза.

2. Определить касательную мощность электровоза на расчетном режиме.

Исходные данные для решения задачи выбираются из табл. 4 и 5 по учебному шифру студента.

Таблица 4

Наименование	Последняя цифра шифра									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Электрохимические характеристики	рис. 1	рис. 1	рис. 2	рис. 3	рис. 2	рис. 4	рис. 5	рис. 5	рис. 6	рис. 6
Нагрузка от колесной пары на рельсы, кН	230	235	240	250	260	240	250	250	260	270
Конструкционная скорость $v_{конт}$, км/ч	100	100	110	110	100	110	110	100	120	120
Система электровоза	Электровозы постоянного тока					Электровозы переменного тока				

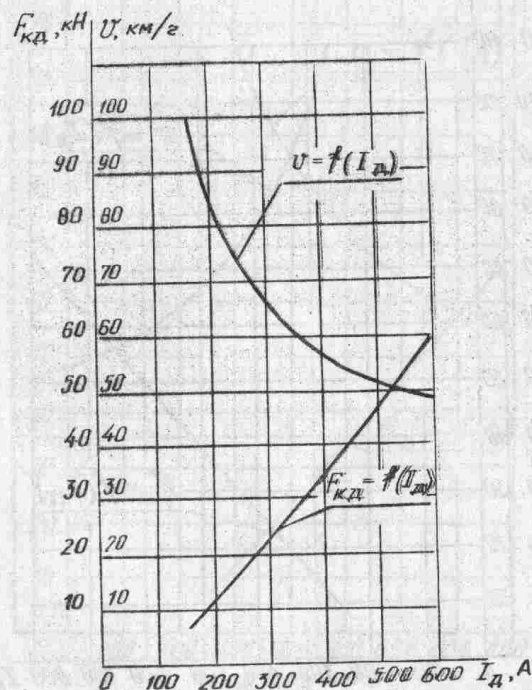


Рис. 1

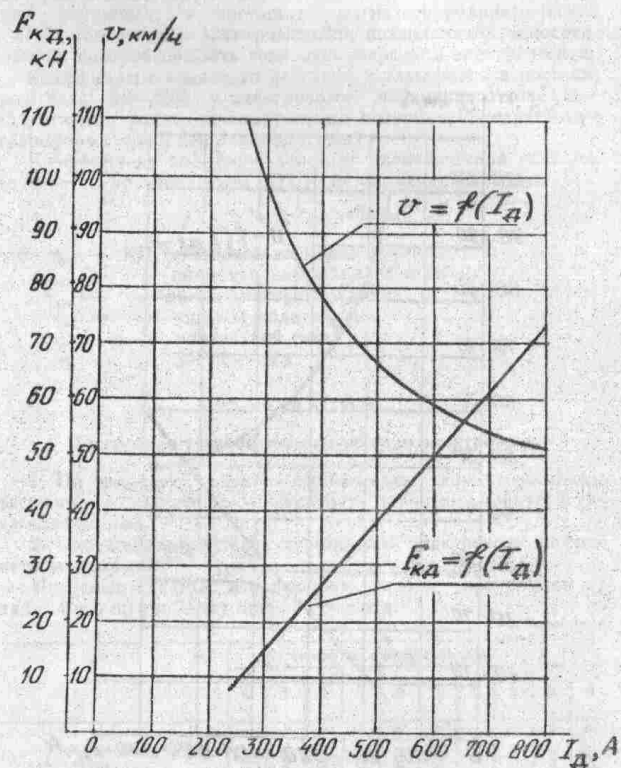


Рис. 2

II

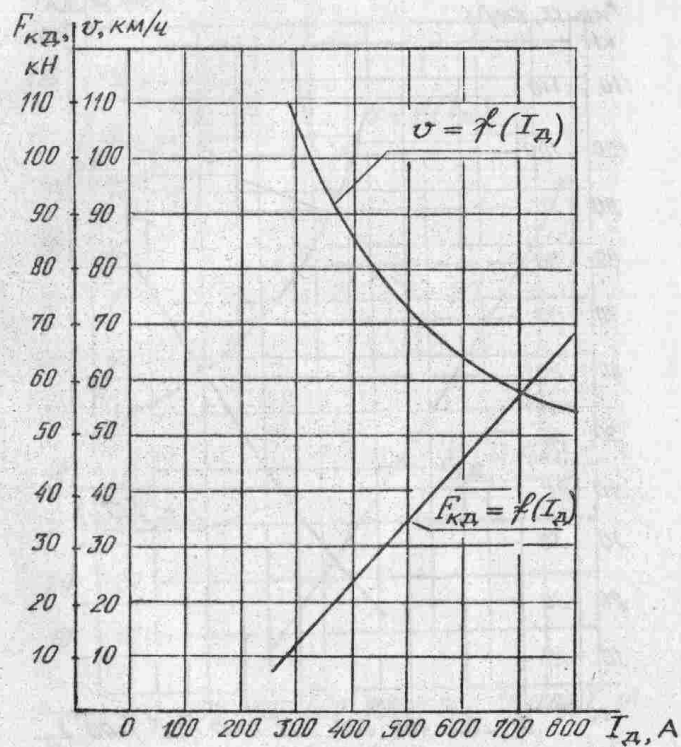


Рис. 3

III

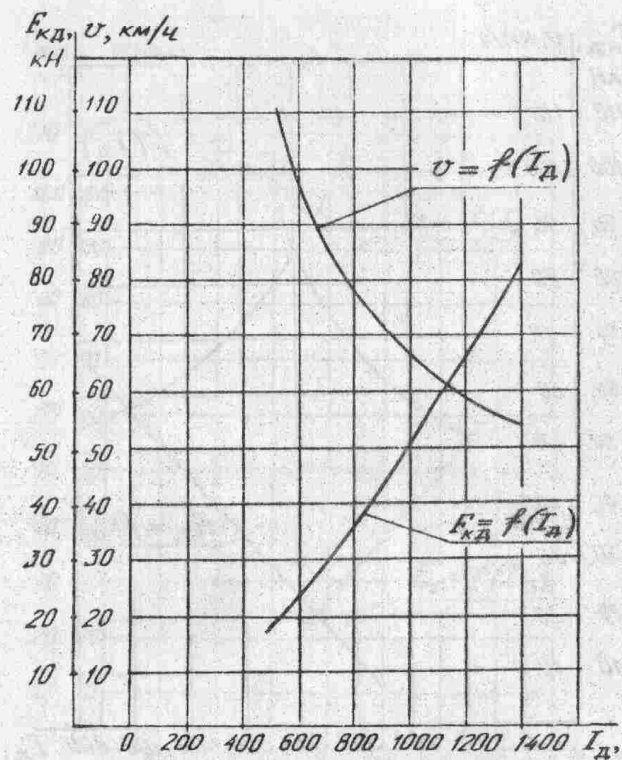


Рис. 4

IV

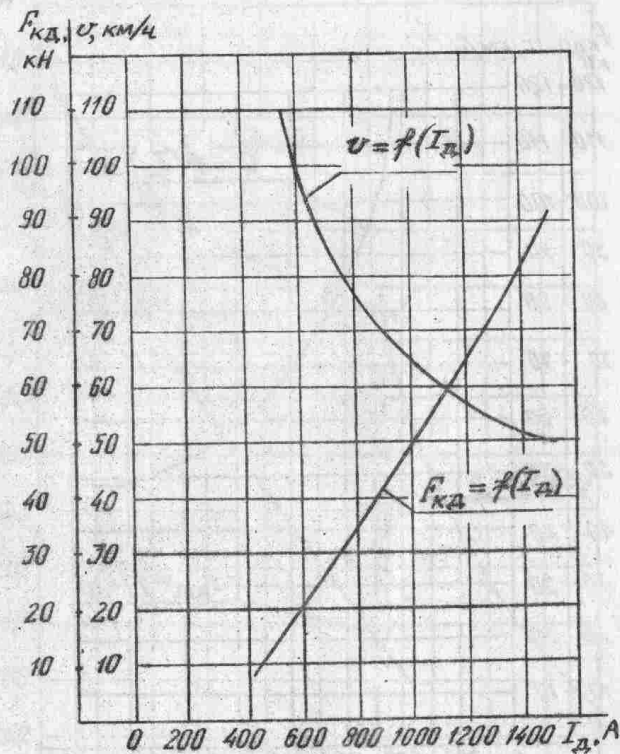


Рис. 5

V

1965

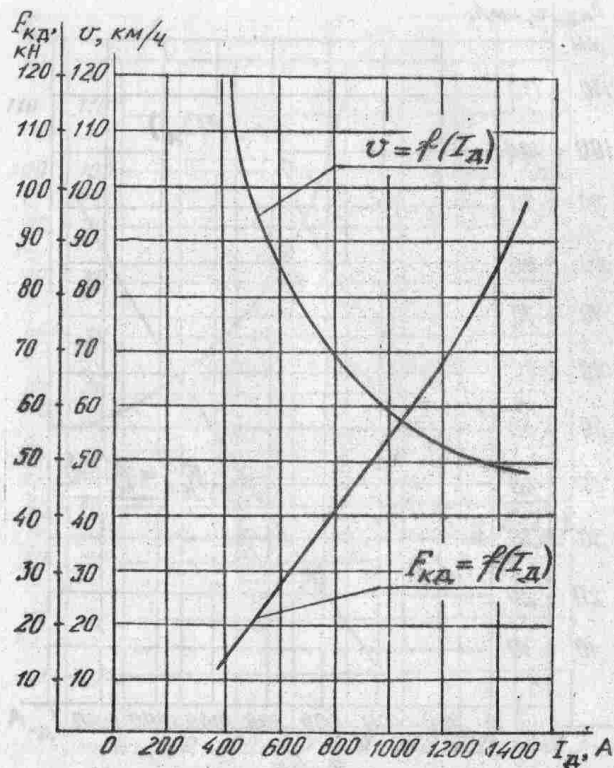


Рис. 6

В/

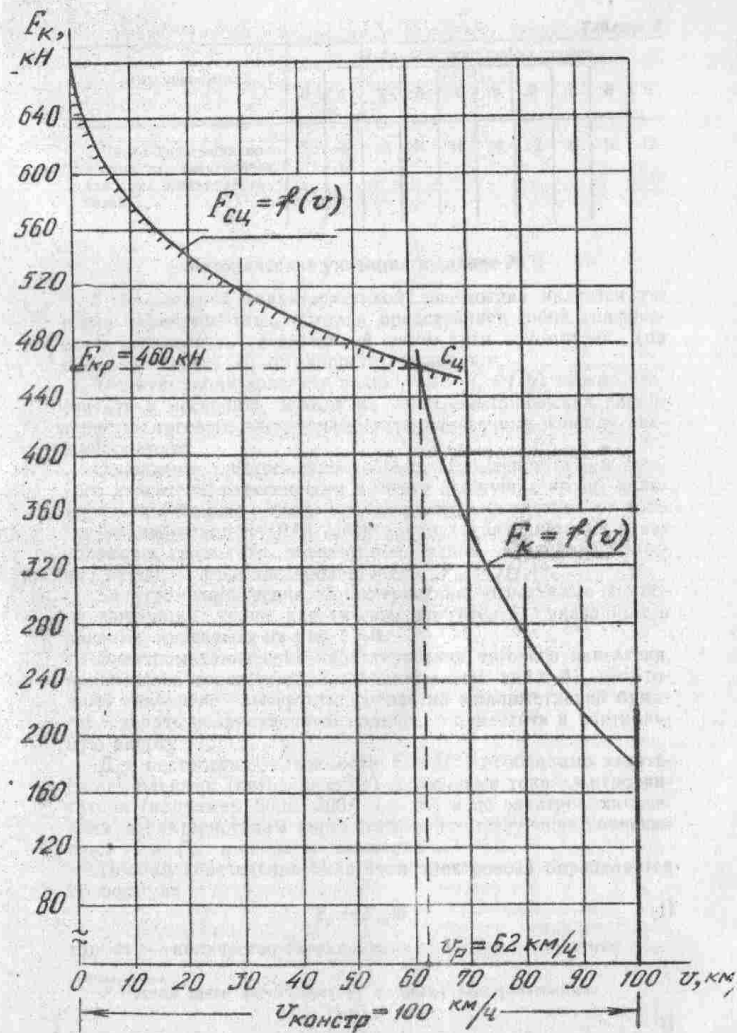


Рис. 7

Таблица 5

Наименование	Предпоследняя цифра шифра									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Число движущих колесных пар электровоза (тяговых электродвигателей)	8	6	12	8	16	12	12	8	16	12

Методические указания к задаче № 2

1. Важнейшей характеристикой локомотива является тяговая характеристика, которая представляет собой графическую зависимость касательной силы тяги локомотива (на ободе его колес) F_k от скорости движения v .

Тяговую характеристику локомотива $F_k = f(v)$ можно рассчитать и построить исходя из электромеханических характеристик тягового электродвигателя, отнесенных к ободу движущих колес.

Основными электромеханическими характеристиками тягового двигателя, отнесенными к ободу движущих колес, являются зависимость скорости движения локомотива от тока электродвигателя $v = f(I_d)$ (скоростная характеристика) и зависимость силы тяги, реализуемой одной движущей колесной парой, от тока электродвигателя $F_{кл} = f(I_d)^*$.

Электромеханические характеристики, отнесенные к ободу движущих колес, для тяговых двигателей, указанных в задании, приведены на рис. 1—6.

Электромеханические характеристики тягового двигателя, принятого в соответствии с заданием (см. табл. 4), необходимо аккуратно вычертить (лучше на миллиметровой бумаге), сделать подрисовочную подпись и поместить в контрольную работу.

Для построения зависимости $F_k = f(v)$ необходимо задать несколькими (пятью-шестью) значениями тока электродвигателя (например, 200А, 300А и т. д.) и по электромеханическим характеристикам определить соответствующие значения силы тяги $F_{кл}$ и скорости движения v .

Полная касательная сила тяги электровоза определяется по формуле

$$F_k = F_{кл} m, \quad (1)$$

где m — количество тяговых двигателей на локомотиве.

* Иногда такие характеристики называют электротяговыми.

Полученные данные удобно свести в таблицу, составленную по следующей форме:

Ток I_d , А	Скорость v , $\frac{\text{км}}{\text{ч}}$	Сила тяги эл. двигателя $F_{кл}$, кН	Касательная сила тяги электроваза F_k , кН
1	2	3	4
...	...	...	...
...	...	...	...
...	...	...	...

Данные 2 и 4 столбцов таблицы являются координатами точек искомой тяговой характеристики. Нанеся эти точки на планшет с системой координат $F_k - v$ и соединив их плавной кривой (с помощью лекала), получаем тяговую характеристику электроваза $F_k = f(v)$.

На построенную тяговую характеристику следует нанести ограничения силы тяги по сцеплению колес локомотива с рельсами и по конструкционной (наибольшей допустимой) скорости.

Для наложения на тяговую характеристику ограничения по условиям сцепления движущих колес локомотива с рельсами необходимо рассчитать и построить зависимость наибольшей касательной силы тяги, которая может быть реализована электровазом при отсутствии буксования колес, от скорости движения $F_{сч} = f(v)$,

$$F_{сч} = P_{сч} \psi_k \quad (2)$$

где $F_{сч}$ — наибольшая сила тяги локомотива, допускаемая по условиям сцепления колес с рельсами, кН;

$P_{сч}$ — сцепной вес электроваза (нагрузка, передаваемая от движущих колес на рельсы), кН

$$P_{сч} = \Pi m; \quad (3)$$

Π — нагрузка от движущей колесной пары на рельсы, кН (задана);

m — число движущих колесных пар электроваза (равное количеству тяговых двигателей);

ψ_k — расчетный коэффициент сцепления.

Правилами тяговых расчетов для поездной работы установлены следующие эмпирические формулы для определения ψ_k :

1) электровазы постоянного тока:

$$\psi_k = 0,28 + \frac{3}{50 + 20v} - 0,0007 v; \quad (4)$$

2) электровазы переменного тока:

$$\psi_k = 0,28 + \frac{4}{50 + 6v} - 0,0006 v. \quad (5)$$

Здесь v — скорость движения электроваза, км/ч.

Величина $F_{сч}$ вычисляется для нескольких значений скорости (0; 10; 20; 30; 40; 50 и т. д. км/ч).

Результаты расчета зависимости $F_{сч} = f(v)$ удобно свести в таблицу, составленную по следующей форме:

Скорость v , $\frac{\text{км}}{\text{ч}}$	Коэффициент сцепления ψ_k	Сила тяги по сцеплению $F_{сч}$, кН
1	2	3
...	...	...
...	...	...
...	...	...

По данным столбцов 1 и 3 наносим точки на планшет с тяговой характеристикой и соединяем их плавной кривой. Это и будет графическая зависимость $F_{сч} = f(v)$ — ограничение по условиям сцепления движущих колес локомотива с рельсами.

Ограничение по конструкционной скорости наносится на тяговую характеристику в виде вертикальной линии, проходящей через значение $v_{констр}$.

Пример тяговой характеристики с нанесенными ограничениями, построенной указанным способом, представлен на рис. 7.

Построение выполняется на миллиметровой бумаге. Тяговая характеристика и ограничивающие линии проводятся остро заточенным карандашом. Для построения рекомендуются масштабы:

скорость v : 1 км/ч — 1 мм;

сила тяги F_k : 40 кН — 1 см или 50 кН — 1 см.

В точке пересечения кривой $F_{сч} = f(v)$ и тяговой характеристики $F_k = f(v)$ полностью используется как сцепной вес локомотива, так и мощность его тяговых электродвигателей.

Поэтому режим работы электровоза, соответствующий этой точке ($F_{кр}$ и v_p), может быть принят за расчетный при определении массы состава.

2. Касательная мощность электровоза (на ободе движущих колес) при расчетных тяговых параметрах ($F_{кр}$ и v_p) может быть вычислена по формуле

$$N_k = \frac{F_{кр} v_p}{3,6} \text{ кВт.}$$

Задача № 3

Определение основных параметров тепловозного дизеля, полного КПД и мощности тепловоза

Тепловозный дизель с тактностью τ и числом цилиндров i развивает эффективную мощность N_e при частоте вращения коленчатого вала n . Диаметр цилиндра D ; ход поршня s ; удельный эффективный расход топлива b_e . Механический КПД дизеля η_m , КПД передачи тепловоза с учетом расхода энергии на вспомогательное оборудование $\eta_{пер}$.

Таблица 6

Исходные данные	Последняя цифра шифра									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
N_e , кВт	4500	2200	3000	3000	1500	2200	1500	1000	1000	2200
τ	4	4	4	4	4	2	2	4	4	4
i	20	16	16	16	12	16	12	8	6	16
D , м	0,260	0,260	0,250	0,260	0,240	0,230	0,230	0,260	0,318	0,250
s , м	0,260	0,260	0,270	0,260	0,270	0,300	0,300	0,260	0,330	0,270
b_e , кг/кВт·ч	0,217	0,211	0,204	0,205	0,208	0,224	0,227	0,212	0,228	0,205
η_m	0,88	0,89	0,91	0,89	0,90	0,85	0,85	0,89	0,88	0,90
$\eta_{пер}$	0,82	0,82	0,82	0,81	0,82	0,83	0,81	0,80	0,81	0,83

Низшая теплота сгорания дизельного топлива $Q_p^p = 42500$ кДж/кг.

Определить:

- 1) среднее эффективное p_e и среднее индикаторное p_i давления, МПа;
 - 2) среднюю скорость поршня c_m , м/с;
 - 3) часовой расход топлива дизелем B , кг/ч;
 - 4) количество топлива, подаваемого в цилиндр за каждый цикл q , г/цикл;
 - 5) эффективный η_e и индикаторный η_i КПД двигателя;
 - 6) удельный индикаторный расход топлива b_i , кг/(кВт·ч);
 - 7) полный КПД тепловоза η_t ;
 - 8) касательную мощность тепловоза N_k , кВт.
- Числовые значения величин выбираются по шифру студента из табл. 6.
- Частоты вращения коленчатого вала дизеля n , с⁻¹ (об/с) студенты выбирают по шифру из табл. 7.

Таблица 7

Предпоследняя цифра шифра	Последняя цифра шифра									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	17,5	16,0	16,5	17,0	16,0	12,0	13,0	15,0	12,0	16,0
1	18,0	16,5	17,0	16,5	16,5	12,5	13,5	15,5	12,5	16,5
2	18,5	17,0	17,5	18,0	17,0	13,0	12,5	16,0	13,0	17,0
3	19,0	17,5	18,0	17,5	17,5	13,5	12,0	16,5	12,0	16,0
4	17,5	16,0	16,5	17,0	16,0	12,0	12,5	16,5	12,5	16,5
5	18,0	16,5	17,0	16,5	16,5	12,5	12,0	16,0	13,0	17,0
6	18,5	17,0	17,5	18,0	17,0	13,0	12,5	15,5	12,0	16,5
7	19,0	17,5	18,0	17,5	17,5	13,5	12,0	15,0	12,5	17,0
8	18,0	16,5	16,5	17,0	17,0	12,5	13,0	16,0	13,0	16,0
9	18,5	17,0	17,0	16,5	16,5	13,0	12,5	16,5	12,5	16,5

Методические указания к задаче № 3

Среднее эффективное давление и средняя скорость поршня являются важнейшими параметрами двигателя внутреннего сгорания, определяющими его форсировку, т. е. мощность, снимаемую с единицы рабочего объема цилиндров.

Среднее эффективное давление p_e характеризует полезную мощность двигателя, отнесенную к фланцу коленчатого вала, а среднее индикаторное давление p_i соответствует удельной мощности, реализуемой в цилиндре двигателя (т. е. не учитывает механических потерь на трение и мощности, затрачиваемой на привод вспомогательных механизмов). В современных четырехтактных тепловозных дизелях с надду-

вом среднее эффективное давление составляет 1,0—1,85 МПа, а в двухтактных — 0,8—1,1 МПа.

Средняя скорость поршня характеризует конструкцию двигателя с точки зрения тепловой и динамической напряженности, а также интенсивности износа деталей. В современных тепловозных дизелях средняя скорость поршня 7—10 м/с (при больших значениях этой скорости резко возрастает интенсивность износа трущихся частей, что понижает надежность и срок службы двигателей).

Удельные индикаторный и эффективный расходы топлива, так же как и индикаторный и эффективный коэффициенты полезного действия, характеризуют степень совершенства преобразования химической энергии топлива в механическую в тепловом двигателе (соответственно в цилиндре и на фланце коленчатого вала). В этом отношении дизель — наиболее совершенная тепловая машина: он имеет самый высокий КПД из всех существующих тепловых двигателей. Эффективный КПД современных тепловозных дизелей составляет 0,39—0,42 (т. е. 39—42%).

1. Среднее эффективное давление в МПа может быть найдено по формуле

$$p_e = \frac{N_e \tau}{2 \cdot 10^3 \cdot V_h \cdot i \cdot n}, \quad (1)$$

где N_e , i , n и τ — заданы (см. табл. 6 и 7);

V_h — рабочий объем одного цилиндра в м³:

$$V_h = \frac{\pi D^2}{4} s. \quad (2)$$

Среднее индикаторное давление в МПа

$$p_i = \frac{P_e}{\eta_m}, \quad (3)$$

где p_e — среднее эффективное давление, МПа;

η_m — механический КПД дизеля.

2. Средняя скорость поршня в м/с

$$c_m = 2sn. \quad (4)$$

3. Часовой расход топлива дизелем в кг/ч

$$B = b_e N_e. \quad (5)$$

4. Количество топлива в г, подаваемого в цилиндр за каждый цикл

$$g = \frac{1000 B \tau}{2 \cdot 3600 n \cdot i} \text{ г/цикл.} \quad (6)$$

5. Эффективный коэффициент полезного действия дизеля

$$\eta_e = \frac{3600}{Q_p \cdot b_e}, \quad (7)$$

Q_p — низшая теплота сгорания дизельного топлива, кДж/кг;

b_e — удельный эффективный расход топлива дизелем, кг/(кВт·ч).

Индикаторный КПД подсчитывают по формуле

$$\eta_i = \frac{\eta_e}{\eta_m}. \quad (8)$$

6. Удельный индикаторный расход топлива в кг/(кВт·ч)

$$b_i = \frac{3600}{Q_p \cdot \eta_i} \quad (9)$$

или

$$b_i = b_e \eta_m. \quad (10)$$

7. Полный КПД тепловоза

$$Y_T = \eta_e \eta_{пер}. \quad (11)$$

8. Касательная мощность тепловоза (на ободе движущих колес)

$$N_T^* = N_e \eta_{пер} \text{ кВт.} \quad (12)$$

II. ВАГОНЫ И АВТОМАТИЧЕСКИЕ ТОРМОЗА

Необходимо ответить на четыре вопроса, номера которых выбираются из табл. 8 в соответствии с последней и предпоследней цифрами шифра студента.

Вопросы

1. Приведите классификацию вагонов грузового и пассажирского парков.

2. Перечислите основные части грузового крытого четырехосного вагона и укажите их назначение. Приведите эскиз вагона.

3. Приведите эскиз и назовите основные части грузового цельнометаллического шестиосного полувагона; укажите их назначение.

4. Приведите эскиз, назовите основные части четырехосного полувагона; укажите их назначение.

5. Приведите эскиз, назовите основные части восьмиосного цельнометаллического полувагона и укажите их назначение.

6. Перечислите основные части четырехосной платформы и укажите их назначение; приведите эскиз платформы.

7. Перечислите основные части четырехосной цистерны и укажите их назначение; приведите эскиз такой цистерны и укажите ее особенности.

8. Перечислите основные части восьмиосной цистерны и укажите их назначение; приведите эскиз такой цистерны и укажите ее особенности.

9. Перечислите основные части пассажирского цельнометаллического вагона и укажите их назначение; приведите основные параметры и технические характеристики такого вагона.

10. Перечислите основные части изотермического вагона и укажите их назначение; приведите основные параметры и технические характеристики этого вагона.

11. Опишите устройство рефрижераторной секции с машинным охлаждением и электрическим отоплением. Приведите требуемые схемы.

12. Опишите устройство автономного рефрижераторного вагона. Приведите эскиз этого вагона и укажите назначение установленного в нем оборудования.

13. Перечислите основные параметры и технико-экономические характеристики грузовых вагонов и дайте требуемые пояснения.

14. Перечислите основные параметры и технико-экономические характеристики пассажирских вагонов и дайте требуемые пояснения.

15. Каковы преимущества грузовых вагонов большой грузоподъемности (120 т и более)?

16. Приведите эскиз колесной пары, укажите основные размеры и части ее.

17. Рассмотрите силы, действующие на вагон, и укажите места их приложения; приведите требуемые схемы.

18. Приведите эскиз и опишите устройство вагонной буксы с подшипниками качения; укажите преимущества этих букс перед буксами с подшипниками скольжения.

19. Приведите эскиз и опишите устройство вагонной буксы с подшипниками скольжения; какими недостатками обладает такая букса?

20. Какие смазки применяются для вагонных букс с подшипниками скольжения? Приведите схему смазки буксового подшипника и дайте требуемые пояснения.

21. Укажите назначение рессорного подвешивания вагонов; приведите схемы одинарного и двойного рессорного под-

Таблица 8

Предпоследняя цифра шифра	Последняя цифра шифра								
	0	1	2	3	4	5	6	7	8
0	1; 11; 21; 48	2; 12; 22; 49	3; 13; 23; 33	4; 14; 24; 34	5; 15; 25; 35	6; 16; 26; 36	7; 17; 27; 37	8; 18; 28; 38	9; 19; 29; 39
1	11; 21; 31; 41	4; 23; 34; 43	5; 24; 35; 44	6; 25; 36; 45	1; 12; 23; 46	2; 13; 24; 47	3; 14; 25; 48	4; 15; 26; 49	5; 16; 27; 36
2	7; 18; 28; 37	8; 19; 29; 38	9; 20; 30; 39	10; 21; 31; 40	11; 22; 32; 41	12; 23; 33; 42	1; 13; 24; 43	2; 14; 25; 44	3; 15; 26; 45
3	5; 17; 27; 47	6; 18; 28; 35	7; 19; 29; 36	8; 20; 30; 49	9; 21; 31; 40	10; 22; 32; 39	1; 20; 21; 28; 45	2; 21; 22; 28; 44	3; 22; 23; 43
4	5; 22; 25; 43	6; 21; 24; 44	7; 17; 23; 45	8; 18; 24; 46	9; 19; 25; 47	10; 20; 26; 38	11; 21; 22; 37	12; 22; 23; 36	13; 22; 23; 35
5	10; 22; 29; 48	9; 21; 28; 32	8; 20; 27; 49	7; 19; 26; 40	6; 17; 25; 41	5; 16; 24; 48	6; 14; 23; 43	5; 13; 22; 44	4; 12; 21; 45
6	2; 18; 21; 47	1; 15; 22; 40	2; 14; 23; 48	3; 13; 24; 42	4; 22; 25; 43	5; 21; 26; 44	6; 20; 27; 45	7; 19; 28; 46	8; 18; 27; 47
7	10; 16; 29; 41	11; 15; 30; 48	12; 14; 29; 51	11; 13; 27; 50	10; 14; 26; 37	11; 15; 25; 36	12; 16; 24; 35	11; 17; 23; 45	10; 18; 22; 50
8	8; 20; 22; 32	7; 21; 23; 33	6; 22; 24; 34	5; 21; 25; 35	4; 20; 26; 36	3; 19; 27; 37	2; 18; 28; 38	1; 17; 29; 39	2; 14; 28; 40
9	5; 15; 28; 42	6; 13; 27; 43	7; 13; 26; 49	8; 14; 25; 45	9; 15; 24; 46	10; 20; 23; 47	11; 16; 22; 40	12; 17; 21; 51	13; 18; 20; 42

вешивания и дайте требуемые пояснения; сравните эти способы подвешивания.

22. Как характеризуются упругие свойства рессорного подвешивания вагонов? Что называется прогибом, гибкостью, жесткостью рессорного подвешивания?

23. Как устроено пневматическое подвешивание подвижного состава? Приведите схему такого подвешивания и дайте требуемые пояснения.

24. Для чего служат гасители колебаний? Гасители каких типов применяются в вагонах? Приведите принципиальную схему гидравлического гасителя колебаний и поясните принцип его работы.

25. Перечислите главные виды колебаний вагонов, приведите соответствующие поясняющие схемы.

26. Опишите устройство двухосной тележки грузового вагона. Как передается нагрузка от кузова вагона на колесные пары? Приведите требуемые схемы.

27. Приведите эскиз и опишите устройство четырехосной тележки восьмиосного грузового вагона.

28. Приведите эскиз и кратко опишите устройство тележки современного пассажирского вагона.

29. Приведите классификацию тележек грузовых и пассажирских вагонов; укажите, чем отличаются тележки грузовых вагонов от тележек пассажирских вагонов.

30. Укажите назначение и дайте классификацию вагонных рам. Какая конструкция называется цельнонесущей?

31. Укажите назначение ударно-тяговых устройств вагонов. Опишите устройство и поясните принцип действия автоматической сцепки.

32. Опишите устройство систем отопления, вентиляции, кондиционирования воздуха и электроснабжения пассажирских вагонов.

33. Укажите назначение и дайте классификацию автоматических тормозов подвижного состава.

34. Приведите схему прямодействующего неавтоматического тормоза локомотива, укажите назначение основных узлов и поясните принцип действия этой тормозной системы.

35. Приведите схему непрямодействующего автоматического тормоза, укажите назначение основных узлов и поясните принцип действия этой тормозной системы.

36. Приведите схему прямодействующего автоматического тормоза, укажите назначение основных узлов и поясните принцип действия этой тормозной системы.

37. Приведите схему электропневматического тормоза, укажите назначение основных приборов и поясните принцип действия этой тормозной системы.

38. Укажите назначение и поясните принцип действия крана машиниста. Как машинист при помощи этого крана управляет тормозами поезда?

39. Поясните принцип действия воздухораспределителя тормозной системы.

40. Приведите схему тормозного оборудования грузового вагона, укажите назначение основных приборов, поясните принцип действия тормоза.

41. Приведите схему рычажной передачи тормоза грузового вагона, поясните принцип действия ее.

42. Укажите назначение, приведите схему и поясните принцип действия автоматического регулятора рычажной передачи.

43. Укажите назначение, приведите схему и поясните принцип действия автоматического регулятора режима торможения (авторегима).

44. Укажите преимущества композиционных тормозных колодок по сравнению с чугунными.

45. Укажите назначение, приведите схему и поясните принцип действия противоюзного устройства высокоскоростных поездов.

46. Приведите схему и поясните работу дискового тормоза. Укажите преимущества такого тормоза.

47. Приведите схему, поясните устройство и принцип действия тормозного компрессора. Укажите назначение регулятора давления.

48. Укажите причины заклинивания колесных пар и меры предупреждения их.

49. Что представляет собой полное опробывание поездных автотормозов? Как, кем и в каких случаях оно выполняется?

50. Что представляет собой сокращенное опробывание поездных автотормозов? Как, кем и в каких случаях оно выполняется?

51. Каков порядок следования подвижного состава при образовании ползунов (выбоин) на поверхности катания колесных пар?