Курс лекций

### Список литературы

- Подвижной состав и тяга поездов. Учебник для
  ВУЗов / под ред. В.В. Деева и Н.А. Фуфрянского, М.
  «Транспорт», 1979г.
- Правила тяговых расчетов для поездной работы. М., 1985, 287с.
- Подвижной состав и основы тяги поездов.
   Учебник для техникумов ж.д. транспорта / под ред.
   С.И. Осипова, М. «Транспорт», 1990г.

- Наука о тяге поездов изучает комплекс вопросов, связанных с теорией механического движения поезда, рационального использования локомотивов и экономичного расходования энергоресурсов.
- Основы теории локомотивной тяги позволяют решать широкий круг практических вопросов эффективной эксплуатации железных дорог, рассчитать основные параметры вновь проектируемых линий, участков, переводимых на новые виды тяги, намечать основные требования к вновь разрабатываемым локомотивам и вагонам.
- С их помощью определяют силы, действующие на поезд, оценивают их влияние на характер движения, определяют оптимальную массу состава при выбранной серии локомотива.

- Теория тяги позволяет рассчитать скорости движения в любой точки пути с учетом безопасности движения поездов и времени хода по каждому перегону и участку, определять расход энергоресурсов и проверять использование мощности локомотива.
- На основании перечисленных данных составляют график движения поездов, определяют пропускную и провозную способность дорог и рассчитывают эксплуатационные показатели локомотивного хозяйства.
- На действующих линиях теория позволяет найти рациональные режимы вождения поездов на различных участках и наиболее экономичные условия эксплуатации локомотивов.

- При разработке проектов электрификации дорог определяют токи, потребляемые электровозами в различных точках пути, пользуясь теорией электрической тяги. На их основании рассчитывают систему электроснабжения.
- Теория тяги поездов позволяет найти скрытые резервы при электрификации линий, развитии провозной и пропускной способности действующих дорог, эффективно использовать локомотивы на каждом участке, экономно расходуя энергоресурсы

- В тяге поездов принято считать, что локомотив и вагоны, связанные между собой автосцепками, движутся в пространстве и времени как единое целое - как система, не имеющая никаких других движений, кроме управляемого.
- В теории тяги изучают управляемое движение поездов.
- При этом поезд рассматривают как управляемую систему, функционирующую в условиях переменных возмущающих воздействий внешней среды, наложения внутренних и внешних удерживающих связей и нормативных ограничений ее управляющих воздействий.

- Автосцепки являются внутренними, а рельсы внешними удерживающими связями, определяющими траекторию движения и направление сил, воздействующих на управляемое движение поезда.
- Переменные внешние воздействия обусловлены неравномерностью профиля пути, колебанием скорости по условиям организации движения поездов и метеорологическими условиями.

- Ограничения обусловлены ресурсами управления и условиями эксплуатации.
- Ограничения по ресурсам управления определяются: ограничениями в получаемой энергии от источника мощности; номинальной мощностью тяговых двигателей; оснащенностью поезда тормозными средствами; сцеплением движущих колес с рельсами, определяющим устойчивость против боксования; конструкционной скоростью локомотива; условиями надежности по допускаемым токам и напряжениям электрических машин.
- Ограничениями по условиям эксплуатации являются: длина приемо-отправочных путей станций; метеорологические условия; температура нагрева обмоток электрических машин локомотивов; потери напряжений в контактной сети при неравномерном движении поездов; предельно допускаемые скорости; унификация весовых норм и др.

- При расчетах движения поездов стремятся достигнуть наибольшего заполнения провозной и пропускной способности железных дорог при минимальных затратах ресурсов.
- Для достижения этой цели исходят из принципа возможного максимума: вождения поездов наибольшего веса с наибольшей допустимой скоростью при наибольшем использовании кинетической энергии на неравномерном профиле пути.

- Когда же движение рассчитано и задано расписанием, то цель управления состоит в том, чтобы поезд прибыл в заданное место и в заданное время, что входит в обязанность диспетчера и машиниста.
- Очевидно, и для расчета движения, и для практической реализации его машинистом требуется подобрать такие движущие и тормозные силы, которые в состоянии преодолеть силы сопротивления движению или силы инерции и обеспечить достижение заданных состояний поезда на любом этапе управления.

- Такими управляемыми силами являются сила тяги локомотива и тормозная сила поезда.
- Эти силы относятся к управляющим воздействиям, под которыми понимают воздействия, сознательно изменяемые для достижения цели управления. К возмущающим воздействиям относятся силы сопротивления движению поезда.
- Закон изменения состояния системы во времени на любом этапе управления путем подбора управляющих воздействий составляет программу управления поездом машинистом.
- Такими программами могут быть режимные карты вождения поездов, разрабатываемые работниками депо на основе экспериментов и достижений передовых машинистов.

- Теоретические и экспериментальные исследования привели к выводу о том, что для выполнения программы движения поезда нет необходимости определять все силы, все координаты и скорости движения каждого объекта вагона и локомотива, входящих в систему поезда, как этого требует классическая механика.
- Оказывается, достаточно учитывать только те силы, скорости и координаты, которые характеризуют поезд как систему в целом и которые связаны с программой управления его движением.

- Если же учитывать все силы, скорости и координаты всех вагонов поезда, то расчеты движения становятся алгоритмически неразрешимой задачей даже на ЭВМ.
- Такой выборочный подход к расчету движения, когда вместо поведения реальной системы рассматривают поведение ее модели, пренебрегая несущественными факторами, называют моделированием, составляющим методологическую основу не только теории тяги поездов, но и современных исследований сложных систем.
- Для расчета движения используется математическая модель поезда дифференциальное уравнение движения, описывающее его поведение с достаточной для целей практики точностью.
- Решение дифференциального уравнения позволяет определить закон движения на всех этапах управления и поэтому составляет центральную часть теории тяги и тяговых расчетов.

- Расчетную часть теории тяги поездов называют тяговыми расчетами.
- Нормативы расчетных величин и методики тяговых расчетов, утвержденные МПС, имеют силу отраслевого стандарта, и называются Правилами тяговых расчетов (ПТР).
- Таким образом, тяговые расчеты являются основным расчетным инструментом в деле рационального функционирования, планирования и развития железных дорог.

- Для того чтобы обеспечить необходимое сходство в поведении оригинала и модели поезда, необходимо вначале сформировать как систему с допущениями, физическую модель упрощающими расчет и не оказывающими существенного влияния на точность расчетов движения.
- После этого можно составить аналитическое описание поведения поезда
  - математическую модель.

На этом основании установлены постулаты - исходных положения для формирования модели поезда.

Постулат I. Поезд двигается в одном направлении - вдоль рельсов, т.е. имеет одну степень свободы, а значит, для описания его поведения требуется лишь одно уравнение движения, что облегчает расчеты и принято, в теории тяги поездов.

 Постулат II. Для описания поведения поезда, имеющего одну степень свободы, необходимо и достаточно знать только те силы, которые совпадают с направлением движения или противоположны ему.

■ Постулат III. Так как поступательное движение неизменяемой системы полностью определяется движением центра ее масс, то движение поезда можно описать как движение материальной точки, в которой сосредоточена вся масса поезда.

■ Постулат IV. Так как сумма работ внутренних сил неизменяемой системы равна нулю, то для описания движения поезда достаточно учитывать только внешние силы и не принимать во внимание внутренние.

■ Постулат V. Исходя из принципа суперпозиции в теории тяги все силы, воздействующие на управляемое движение поезда, заменяют одной равнодействующей силой, равной по величине алгебраической сумме внешних сил и приложенной в средине поезда в направлении движения или против него.

Итак, в результате принятых допущений физическую модель поезда можно представить как управляемое движение материальной точки с одной степенью свободы, в которой сосредоточена вся масса поезда и к которой приложена равнодействующая сила, равная по величине алгебраической сумме внешних сил, действующих по направлению или против движения поезда.

В тяге поездов все силы, воздействующие на управляемое движение, считают приложенными к ободам колес локомотива и вагонов поезда.

Соответственно принятой модели поезда определились силы, которые необходимо учитывать в расчетах движения:

Fк - касательная сила тяги локомотива;

Wк - сопротивление движению поезда;

Вт - тормозная сила поезда.

Силой тяги называют управляемую движущую силу, создаваемую двигателями тяговой передачи локомотива во взаимодействии с рельсами и приложенную к ободам движущих колес в направлении движения поезда.

Сила тяги, как управляющее воздействие, может изменяться:

- машинистом
- либо в результате саморегулирования тяговых передач локомотивов, обладающих свойством адаптивности,
- либо автоматическим устройством автомашинистом.

 Силой сопротивления движению называют совокупность всех неуправляемых сил, возникающих в процессе движения, приведенных к ободам колес поезда и направленных против движения.

■ Тормозной силой называют совокупность управляемых сил, создаваемых тормозными средствами поезда во взаимодействии с рельсами и приложенных к ободам колес в направлении, противоположном движению. Действие этой силы регулируется машинистом или автоматическим устройством.

- При неравномерном движении поезда действуют также силы инерции (I) поступательно движущихся масс и вращающихся масс поезда, на преодоление которых затрачивается работа силы тяги или тормозной силы.
- Однако при определенных условиях кинетическая энергия этих сил может преобразовываться без потерь в работу по передвижению поезда.

В зависимости от сочетания рассмотренных сил различают режимы движения поезда:

- режим тяги, когда действуют силы (Fк Wк + I),
- режим торможения, когда действуют (BT ± Wк I),
- режим холостого хода, когда действуют силы (I Wк).

Соотношения величин сил, составляющих равнодействующую поезда, определяет характер движения:

- при (Fк Wк I) > 0 движение ускоренное;
- при (Fк Wк I) < 0 движение замедленное;</li>
- при (Fк Wк) = 0 движение равномерное.