

Основы проектирования железных дорог.

Состав и содержание проекта.
Основные технические параметры
железных дорог



Основы проектирования железных дорог

Профессиональные компетенции

- **Проектная деятельность:**

готовность к проектированию объектов транспортной инфраструктуры, разработке технико-экономического обоснования проектов и выбору рационального технического решения (ПК-19)

- **Профессионально-специализированная деятельность:**

готовность к участию в разработке экономически обоснованных предложений по развитию и реконструкции железнодорожных станций и узлов, увеличению пропускной способности транспортных коридоров, линий, участков и станций, внедрению скоростного и высокоскоростного движения поездов (ПСК-1.6)

Основные нормативные документы

- Федеральный закон Российской Федерации «О техническом регулировании» от 27.12.2002 г. №184 – ФЗ (с изменениями на 30.12.2009 г.).
- СП 119.13330.2017 «СНиП 32-01-95 Железные дороги колеи 1520 мм».
- СП 237.1326000.2015 Инфраструктура железнодорожного транспорта. Общие требования (вместо СТН Ц-01-95).
- Положение о составе разделов проектной документации и требованиях к их содержанию. Утверждено Постановлением Правительства РФ от 16.02.2008 г. №87.
- Технический регламент о безопасности высокоскоростного железнодорожного транспорта. Утвержден постановлением Правительства РФ от 15.07.2010 г. №533.
- Правила технической эксплуатации железных дорог Российской Федерации / МПС РФ. – М., 2002. – 189 с.

Категории железных дорог России

в зависимости от своего назначения в общей сети железных дорог, характера и размеров перевозок (для нормирования технических и технологических параметров)

Категория железных дорог	Назначение дороги в общей сети железных дорог	Расчетная годовая приведенная грузонапряженность (нетто в грузовом направлении) на 10-й год эксплуатации, млн. ткм/км
Скоростные	Железнодорожные магистральные линии для движения пассажирских поездов со скоростью св. 160 до 200 км/ч	–
Особо грузонапряженные	Железнодорожные магистральные линии для большого объема грузовых перевозок	Свыше 50
I	Железнодорожные магистральные линии	Свыше 30 до 50
II	То же	Свыше 15 до 30
III	То же	Свыше 8 до 15
IV	Железнодорожные линии	До 8
–	Внутристанционные соединительные и подъездные пути	Независимо от грузонапряженности

Грузонапряженность, млн. ткм/км – это средний грузооборот, ткм, приходящийся на 1 км железнодорожной линии.

Расчетная годовая приведенная грузонапряженность устанавливается на основе технико-экономических изысканий и обоснований.

Состав и содержание проектов железных дорог

Постановление Правительства РФ № 87 от 16.02.2008 г. «О составе разделов проектной документации и требованиях к их содержанию»

Объекты строительства настоящим Положением подразделяются на:

- а) объекты производственного назначения;
- б) объекты непроизводственного назначения;
- в) линейные объекты, в том числе железные дороги.

В Положении не предусматривается стадийность проектирования, а используются понятия проектной документации и рабочей документации.

Проектная документация

состоит из текстовой и графической частей:

- Текстовая часть содержит сведения об объекте, описание принятых решений, пояснения, ссылки на нормативные документы, результаты расчетов, обосновывающие принятые проектные решения.
- Графическая часть отображает принятые решения в виде чертежей, схем, графиков, планов и т.п.

Рабочая документация

- Для реализации в процессе строительства проектных решений, содержащихся в проектной документации, разрабатывается рабочая документация, состоящая из текстовой части, рабочих чертежей и спецификации оборудования и изделий.
- Рабочая документация разрабатывается одновременно с проектной или после её разработки.
- Рекомендуемое распределение стоимости проектных работ: проектная документация – 40%, рабочая документация – 60%.
- Объем, состав и содержание рабочей документации определяются заказчиком и указываются в задании на проектирование.

Основные разделы проектной документации на линейные объекты:

1. Пояснительная записка (характеристика района, обоснование выбранного варианта, технико-экономическая характеристика объекта, особенности строительства и др.);
2. Проект полосы отвода (расчет размеров полосы отвода, перечень искусственных сооружений, пересечений, примыканий, объектов переустройства, обоснования занятия ценных территорий, план и продольный профиль трассы);
3. Технологические и конструктивные решения линейного объекта. Искусственные сооружения (категория, мощность, обоснования основных технических параметров, описание конструкций, количество состава, потребность в персонале и др.);
4. Здания, строения и сооружения, входящие в инфраструктуру линейного объекта;

Основные разделы проектной документации на линейные объекты:

5. Проект организации строительства (земля, отводимая на период строительства, размещение баз, схемы доставки ресурсов, потребности в транспортных средствах, сведения об объемах и трудоемкости работ, организационные схемы сооружений объекта, обоснования потребности в кадрах, обоснования потребности во временных зданиях и сооружениях, обоснование продолжительности строительства, охрана окружающей среды на период строительства и др.);
6. Проект организации работ по сносу строений и сооружений;
7. Мероприятия по охране окружающей среды;
8. Мероприятия по обеспечению пожарной безопасности;
9. Смета на строительство (сводка затрат, сводный сметный расчет, объектные и локальные сметные расчеты);
10. Иная документация в случаях, предусмотренных федеральными законами

Главы сводного сметного расчета

1. Подготовка территории строительства
2. Основные объекты строительства
3. Объекты подсобного и обслуживающего назначения
4. Объекты энергетического хозяйства
5. Объекты транспортного хозяйства и связи
6. Наружные сети и сооружения водоснабжения, водоотведения, теплоснабжения и газоснабжения
7. Благоустройство и озеленение территории
8. Временные здания и сооружения
9. Прочие работы и затраты
10. Содержание службы заказчика. Строительный контроль
11. Подготовка кадров для объекта строительства
12. Проектные и изыскательные работы.

Мощность железных дорог

Мощность железных дорог измеряется пропускной и провозной способностью.

Пропускная способность однопутной линии, n , измеряется числом пар поездов в сутки, пп/с

$$n = \frac{(1440 - t_{\text{тех}}) \cdot \alpha_n}{T_{\text{пер}}}$$

где 1440 – число минут в сутках;

$t_{\text{тех}}$ - резерв времени на технологические перерывы для содержания и планового ремонта всех сооружений и устройств железной дороги;

α_n - коэффициент, учитывающий надежность их работы;

$T_{\text{пер}}$ - период графика движения поездов, мин:

$$T_{\text{пер}} = t_m + t_o + 2\tau,$$

где t_m , t_o - время хода поезда по перегону (участку пути между раздельными пунктами) соответственно в направлениях “туда” и “обратно”, мин;

τ – интервал времени для пропуска встречного поезда на раздельном пункте, мин.

Пропускная способность однопутной линии – не более 50 пп/сутки.

Пропускная способность двухпутной линии измеряется количеством поездов в сутки в одном направлении, поездов/с:

$$n = \frac{(1440 - t_{\text{тех}}) \cdot \alpha_n}{I}$$

где I – интервал следования поездов в одном направлении, мин.

Пропускная способность двухпутной линии примерно в 3 – 4 раза больше пропускной способности однопутной линии.

Провозная способность железных дорог, Γ ,
определяется в
млн. т грузов нетто в год:

$$\Gamma = \frac{365 \cdot Q \cdot \eta \cdot n_{гр} \cdot 10^{-6}}{\gamma}$$

где Q – масса состава грузового поезда брутто, т;
 η – коэффициент перехода от массы поезда брутто к
нетто;
 γ - коэффициент, учитывающий неравномерность
перевозок в течение года;
 $n_{гр}$ – размеры грузовых перевозок, пп/с или поездов/с.

Максимальная пропускная способность n

$$n = n_{гр} + n_{пс} \cdot \varepsilon_{пс}$$

$$n_{гр} = n - n_{пс} \cdot \varepsilon_{пс}$$

где $\varepsilon_{пс}$ - коэффициент съёма грузовых поездов пассажирскими поездами, учитывающий разницу в их скоростях движения и равный обычно 1,5-2,0.

Основные технические параметры железных дорог

Основные технические параметры проектируемых железных дорог:

- **ширина колеи** (1668, 1520, 1435 мм и др.);
- **максимальный (руководящий) уклон** продольного профиля трассы;
- **полезная длина приемоотправочных путей** на отдельных пунктах;
- **число главных путей**;
- **вид тяги и др.**

Для высокоскоростных пассажирских магистралей к основным техническим параметрам относят также **максимальную скорость**.

Выбор основных технических параметров связан с выбором **технического оснащения линии**, в частности, типа и мощности локомотива, способов организации движения поездов.

Максимальный (руководящий) уклон продольного профиля и полезная длина приемоотправочных путей характеризуют положение трассы и ее наиболее капиталоемких постоянных устройств (земляного полотна, водопропускных сооружений и др.).

Выбор руководящего (максимального) уклона продольного профиля железной дороги

Руководящий уклон новой железной дороги выбирается с учетом:

- топографических условий местности,
- других основных технических параметров линии,
- размеров перевозок на перспективу,
- мощности локомотива и расчетной массы поездов,
- параметров и технического оснащения примыкающих линий.

В сложных топографических условиях применение меньших руководящих уклонов приводит либо к увеличению длины линии, либо к увеличению объемов работ, либо к тому и к другому.

Преимуществом меньшего руководящего уклона являются большая расчетная масса состава поезда (при том же локомотиве) и, как следствие, более широкие перспективы повышения провозной способности линии.

Выбор полезной длины приемоотправочных путей

Полезная длина приемоотправочных путей на отдельных пунктах определяет зону, в пределах которой остановившийся поезд не создает угрозы безопасности для поездов, движущихся по соседним железнодорожным путям.

Нормативными длинами приемоотправочных путей в России являются 850 м, 1050 м, $850 \cdot 2 = 1700$ м и $1050 \cdot 2 = 2100$ м.

Полезная длина приемоотправочных путей новой железной дороги выбирается, в первую очередь, с учетом:

- размеров перевозок на перспективу,
- других основных технических параметров линии,
- мощности локомотива и расчетной массы состава поезда,
- топографических условий местности,
- параметров и технического оснащения примыкающих линий.

Выбор вида тяги

В современных условиях основными видами тяги являются тепловозная и электрическая.

Выбор вида тяги определяется по результатам их всестороннего сопоставления с учетом:

- параметров и технического оснащения примыкающих линий,
- объемов и темпов роста перевозок,
- сложности профильных условий и других перечисленных выше факторов.

Преимущества электрической тяги:

- значительно больший уровень расчетной минимальной скорости, с которой поезд движется по затяжным труднейшим подъемам, и, как следствие, большая провозная способность электрифицированных линий;
- меньшая степень неблагоприятных воздействий на окружающую природную среду;
- возможность возвращения в тяговую сеть части электрической энергии (экономное торможение);
- меньшие эксплуатационные затраты на техническое обслуживание и текущий ремонт электровозов.

Вместе с тем, введение электрической тяги требует больших капитальных вложений (сооружение линий электропередачи, строительство тяговых подстанций, устройство контактной сети и др.), которые окупаются лишь на железных дорогах с высокой интенсивностью движения.

Преимущества тепловозной тяги:

- автономность источников питания (топливо в локомотиве);
- возможность работы на электрифицированных участках железной дороги, в том числе во время аварийных работ и др.

Выбор направления железных дорог

От выбора принципиального направления проектируемой железной дороги в значительной степени зависят расположение, стоимость и эксплуатационные характеристики всех основных сооружений и устройств железнодорожной инфраструктуры (земляного полотна, водопропускных сооружений, раздельных пунктов и др.).

Переустройство неудачно запроектированных дорогостоящих сооружений железной дороги (например, земляного полотна, мостов, тоннелей и др.) всегда связано со значительными трудовыми и денежными затратами.

Принятое к реализации решение должно в наибольшей степени отвечать требованиям всех сторон, причастных к сооружению и будущей эксплуатации дороги (заказчика или инвестора, федеральных, региональных и местных органов власти, населения и др.).

Основные факторы и условия, оказывающие влияние на выбор направления и положения трассы проектируемой железной дороги:

- **социально-экономические;**
- **природные;**
- **технические.**

К наиболее значимым социально-экономическим факторам можно отнести:

- назначение проектируемой линии в обеспечении рассматриваемых транспортно-экономических связей;
- расположение крупных грузообразующих и грузопотребляющих центров и населенных пунктов;
- размеры, структуру и характер ожидаемых перевозок с учетом перспективы социально-экономического развития района проектирования;
- вопросы стыкования грузопотоков и пассажиропотоков проектируемой линии с существующими путями сообщения и др.

Например, основным назначением:

новой высокоскоростной железнодорожной линии

может быть обеспечение больших объемов

пассажирских перевозок между крупными городами,

новой грузонапряжённой железной дороги –

транспортное обеспечение интенсивно развивающегося

района добычи полезных ископаемых.

Проектируемая железная дорога может иметь серьезное стратегическое значение (параллельный ход, обход крупного узла и т. п.).

Расположение крупных грузообразующих и грузопотребляющих центров и населенных пунктов определяют положение **” опорных пунктов”**, через которые или вблизи которых трасса должна пройти **обязательно.**

К ним, в первую очередь, относят **начальный и конечный пункты** трассы, они должны быть указаны в задании на проектирование.

Размеры и характер ожидаемых перевозок влияют на направление железной дороги следующим образом:

При большом количестве перевозимых грузов железную дорогу желательно проектировать по кратчайшему направлению, с пологими уклонами и наименьшей суммарной высотой преодолеваемых подъёмов;

При проектировании магистральной линии с преимущественным транзитным грузопотоком необходимо также стремиться к кратчайшей длине трассы между опорными пунктами.

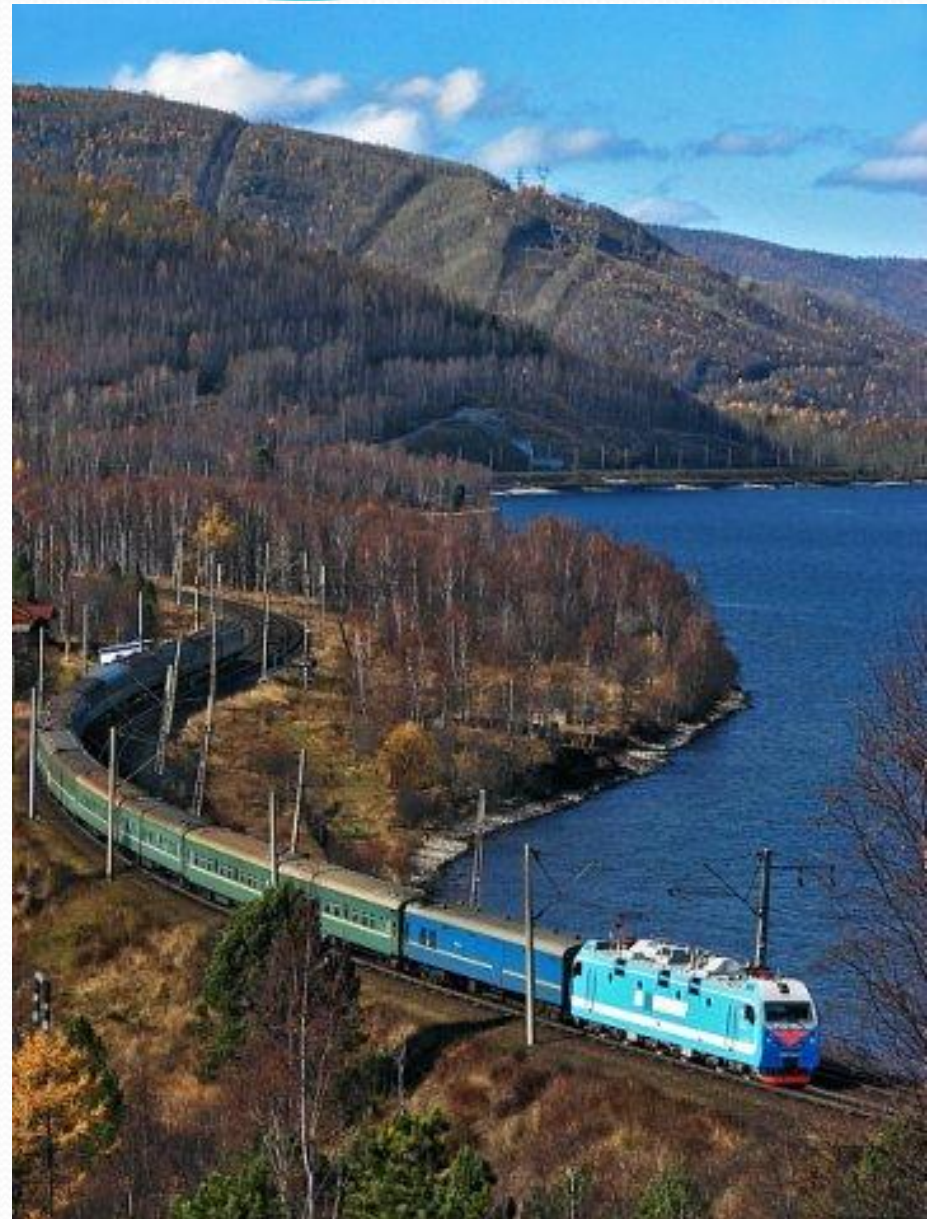
Если в ожидаемом потоке грузов и пассажиров доля транзитных перевозок невелика, направление дороги выбирается с учётом создания наиболее благоприятных условий для местного движения.

Железные дороги *местного значения* следует прокладывать с учетом максимального обеспечения промежуточных населенных пунктов и их предприятий новыми путями сообщения.

К природным факторам относят топографические, инженерно-геологические, гидрологические, сейсмические и ряд других условий проектирования.

Природные условия создают ряд препятствий для укладки трассы по кратчайшему направлению между “опорными пунктами”.

Эти препятствия можно разделить на два вида: *высотные и контурные (или ситуационные)*.



Высотными препятствиями являются горные хребты и ущелья, высокие водоразделы и глубокие долины, крутые обрывистые берега рек и озер (прижимы) и др.

К контурным препятствиям относят водотоки, водоемы, заповедники, а также неблагоприятные в инженерно-геологическом отношении места: болота, зоны распространения слабых грунтов, участки оползней и осыпей, неустойчивые овраги, участки схода снежных лавин и селевых (грязевых) потоков и т. п.

Наряду с природными факторами, к контурным барьерным местам относятся и некоторые препятствия социального характера: населенные пункты, инженерные коммуникации, ценные сельскохозяйственные угодья, и т. п.



Наиболее благоприятные места для преодоления, пересечения или обхода высотных и контурных препятствий определяют положение “фиксированных точек”, через которые желательно прохождение трассы проектируемой железной дороги.

Таковыми точками являются наиболее удобные места пересечения водоразделов (седловины), рек (прямые участки русла с узкими поймами), инженерных коммуникаций, а также обхода контурных препятствий.

Пример возможных вариантов направления проектируемой железнодорожной линии



Наиболее конкурентоспособные варианты принимаются для дальнейшего уточнения положения трассы между опорными пунктами и (или) фиксированными точками с учетом технических факторов и природных особенностей конкретных участков проектирования.

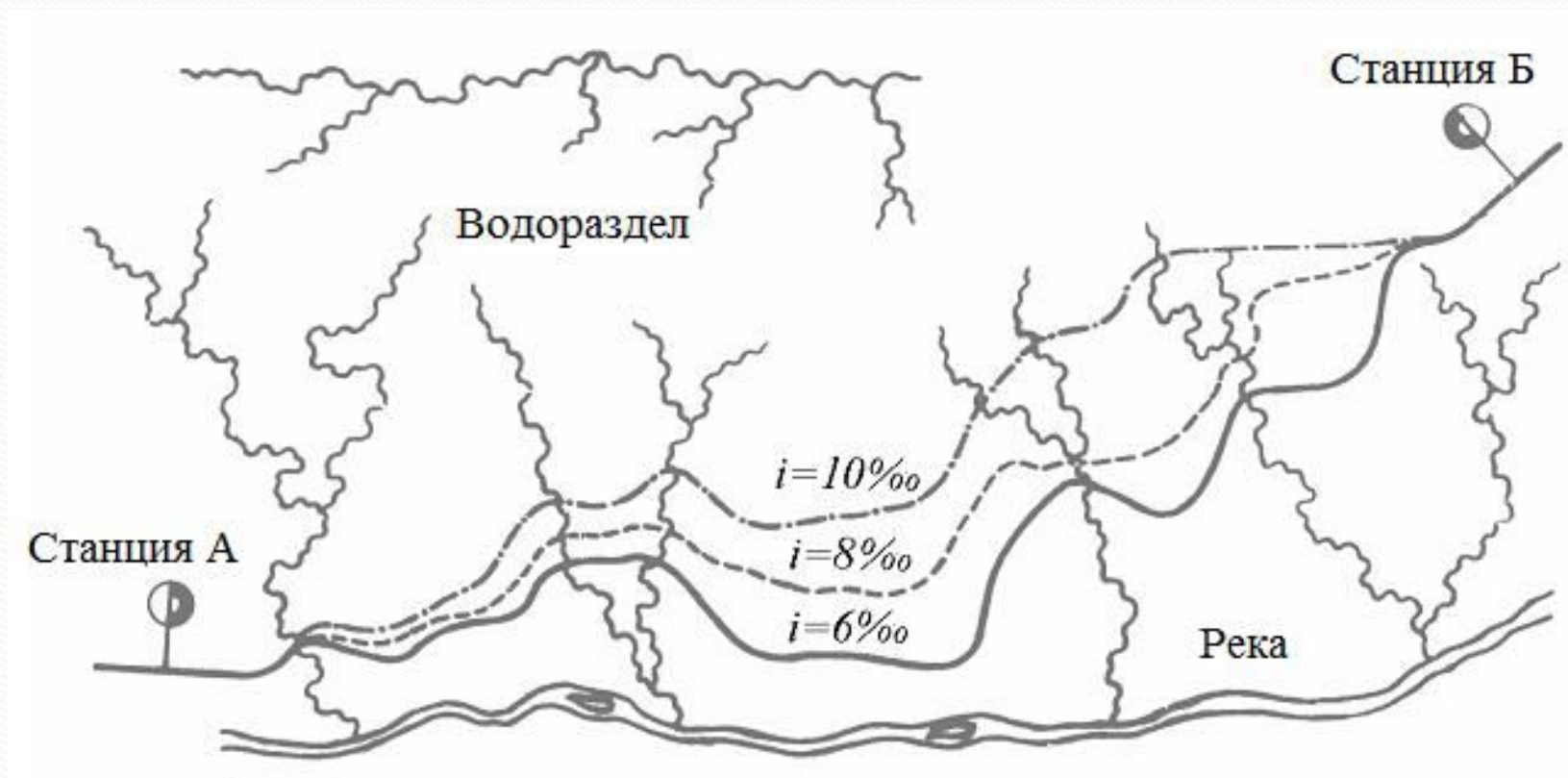
К *техническим факторам* относят ряд важных основных технических параметров железной дороги:

- число главных путей,
- вид тяги,
- максимальный продольный уклон,
- полезную длину станционных путей.

Так, при проектировании двухпутной электрифицированной линии следует стремиться к сокращению ее длины в связи с большой стоимостью каждого километра дороги.

Сокращения длины линии можно добиться путем увеличения ограничивающего уклона, но это, в свою очередь, ограничит массу состава поезда и провозную способность линии, а также может привести к увеличению расходов по движению поездов.

Величина руководящего уклона диктует условия вписывания дороги в очертания рельефа местности и этим существенно влияет на выбор направления дороги



Увеличение полезной длины приемоотправочных путей, с одной стороны, также приводит к росту соответственно средней стоимости 1 км и удлинению линии, особенно в сложных топографических условиях.

С другой стороны, большая полезная длина приемоотправочных путей позволяет увеличить массу состава поезда и провозную способность дороги, обеспечивая освоение грузовых перевозок на более далекую перспективу.



Спасибо за внимание!