

# 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
–	Внутривантоновые 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;

$\alpha_n$  - 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;

$\tau$  – 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,  $\Gamma$ ,  
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;  
 $\eta$  – коэффициент перехода от массы поезда брутто к  
нетто;  
 $\gamma$  - 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.

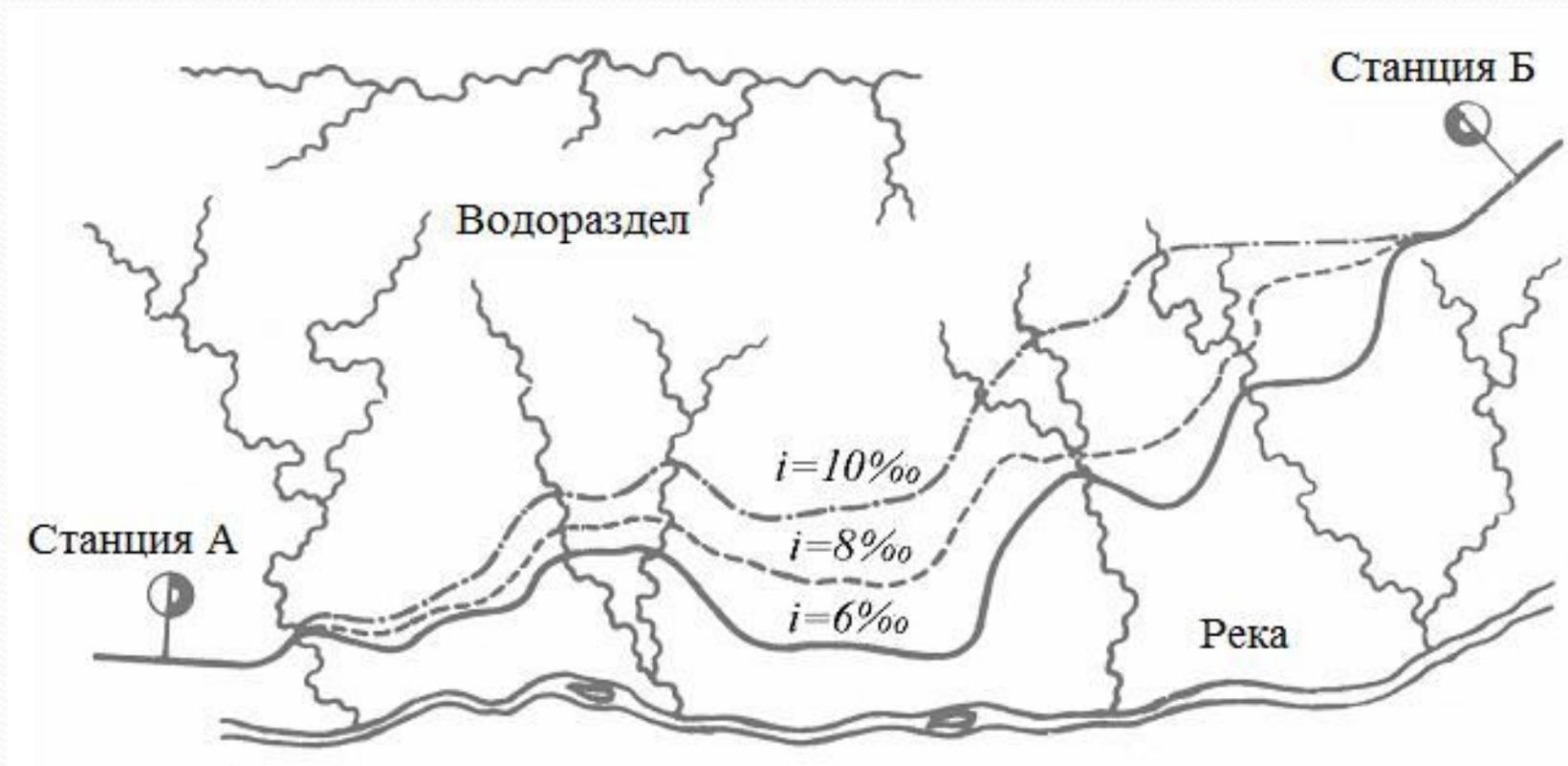
К *техническим факторам* относят ряд важных основных технических параметров железной дороги:

- 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!