

2016- 2017

ЛЕКЦИЯ №1



01.08.2016

ЛЕКЦИЯ №1

«Цели и задачи усиления и реконструкции железнодорожной инфраструктуры»

Содержание лекции:

- 1. Общие положения**
- 2. Решение задачи овладения нарастающими перевозками**
 - 2.1. Возможная и потребная мощность железной дороги**
 - 2.2. Техническое состояние при фиксированном расчетном случае**
 - 2.3. График овладения нарастающими перевозками и его анализ**

Литература

1. Общие положения

Стратегическая программа развития железных дорог России предусматривает рост транспортных перевозок, экономических показателей и повышение безопасности движения поездов. Гарантом решения таких задач является, прежде всего, эксплуатационная надежность железнодорожного пути, которая обеспечивается его безотказным техническим состоянием.

Практика эксплуатации существующих железных дорог показывает, что техническое состояние пути зависит от многих факторов, включающих работу конструктивных элементов, качество организации и проведения ремонтных работ, а также техногенные и природные внешние воздействия.

Особенности работы железнодорожного пути на различных участках определяются параметрами плана и продольного профиля, нормируемыми в соответствии с нормативами [1, 2].

Кроме того, основные положения реконструкции (модернизации) ж.д. пути изложены в ТУ-75Р[3]. Элементы плана и продольного профиля, их сочетание, в увязке с инженерно-геологическими условиями являются важным аспектом надежности пути и уровня возможной провозной способности существующей железной дороги.

Совершенствование перевозочного процесса, сопровождающееся ростом скоростей и весов поездов, предъявляет повышенные требования к плану и продольному профилю железнодорожных линий. Именно под этим углом зрения мы и будем рассматривать материал данного курса.

Кроме того, обратим внимание и на комплексный подход к решению всех задач реконструкции и усиления железных дорог.

2. Решение задачи овладения нарастающими перевозками

2.1. Возможная и потребная мощность железной дороги

Железные дороги, как известно, проектируются на неограниченный срок деятельности. Любая, построенная дорога должна обеспечивать непрерывно растущие перевозки, даже, если для этого потребуются ее реконструкция. То есть, мощность ж. дороги на каждом этапе должна быть не ниже потребной величины.

Различают потребную и возможную мощность железной дороги.

Потребная мощность определяется при экономических изысканиях и может быть выражена провозной или пропускной способностью на расчетные сроки. В качестве расчетных сроков, принято назначать 2, 5, 10, 15 – ый годы эксплуатации. ж. д. линии.

Провозная способность – это максимальное количество млн. т груза, которое дорога может перевести в сутки, $\Gamma_{гр}$

Пропускная способность – это максимально возможное число n пар поездов (для двухпутных линий число поездов каждого направления), которое дорога может пропустить в сутки. Значение приведенной потребной пропускной способности $n_{потр}$, пар поездов/сутки определяется по формуле

$$n_{потр} = [(\Gamma_{гр} \times \gamma \times 10^6 / 365 \times Q_{ср} \times K_{н/бр}) + n_{пас} \times \epsilon_{пас}] \times 1 / K_{max}, \quad (1)$$

где γ – коэффициент внутригодовой неравномерности перевозок, ($\gamma = 1,1$); Q_{cp} – средняя масса брутто состава, т; $k_{н/бр}$ – коэффициент перехода от массы поезда брутто к массе поезда нетто, ($k_{н/бр} = 0,7$); $\epsilon_{пас}$ – коэффициент съема грузовых поездов пассажирскими, ($\epsilon_{пас} = 1,8$); k_{max} – коэффициент максимального использования пропускной способности ($k_{max} = 0,80$ – для однопутных линий; $k_{max} = 0,85$ – для двухпутных линий).

Средняя масса брутто состава Q_{cp} , т:

$$Q_{cp} = Q_{max} \times k_{cp/max}, \quad (2)$$

где Q_{max} – максимальная масса брутто состава, т; $k_{cp/max}$ – коэффициент перехода от максимальной массы брутто поезда к средней массе брутто, принимается равным 0,8.

Возможная мощность (на примере провозной способности) зависит от технического оснащения линии.

Средствами технического оснащения могут быть: тип локомотива, кратная и усиленная тяга, система СЦБ, график движения поездов и количество путей.

Возможная провозная способность, Γ_B может быть выражена

$$\Gamma_B = \frac{365 \cdot Q_n}{10^6 \gamma} \cdot n_{гр}, \quad (3)$$

где Q_n – средняя масса брутто состава нетто, т; γ – коэффициент внутригодовой неравномерности перевозок, ($\gamma = 1,1$); $n_{гр}$ – возможная пропускная способность в грузовом движении, пар поездов/сутки

$$n_{гр} = N_{max} / (1+p) - n_{пас} \times \epsilon_{пас} - n_{сб} \times (\epsilon_{сб} - 1) - n_{yc} \times (\epsilon_{yc} - 1) \quad (4)$$

где N_{max} – максимальная пропускная способность, п.поездов/сутки, которая определяется прежде всего графиком движения поездов; P- резерв пропускной способности, который предназначен прежде всего для предоставления «окон» и компенсации возможных отклонений от графика движения поездов, $p=0.15$ (II –пути) и $P=0.2$ (I-путь); $n_{пас}$ – число пар пассажирских поездов на расчетный год, п.п./сутки; $n_{сб}$ – число пар сборных

поездов на расчетный год, п.п./сутки; n_{yc} - число пар ускоренных поездов на расчетный год, п.п./сутки $\epsilon_{пас}$ – коэффициент съема грузовых поездов пассажирскими, ($\epsilon_{пас} = 1,8$); $\epsilon_{сб}$ – коэффициент съема грузовых поездов сборными, ($\epsilon_{пас} = 1.5 - 2.0$); ϵ_{yc} – коэффициент съема грузовых поездов ускоренными, ($\epsilon_{yc} = 1.5-2.0$).

Перед Вами совмещенный график возможной и потребной провозной способности железнодорожной линии.

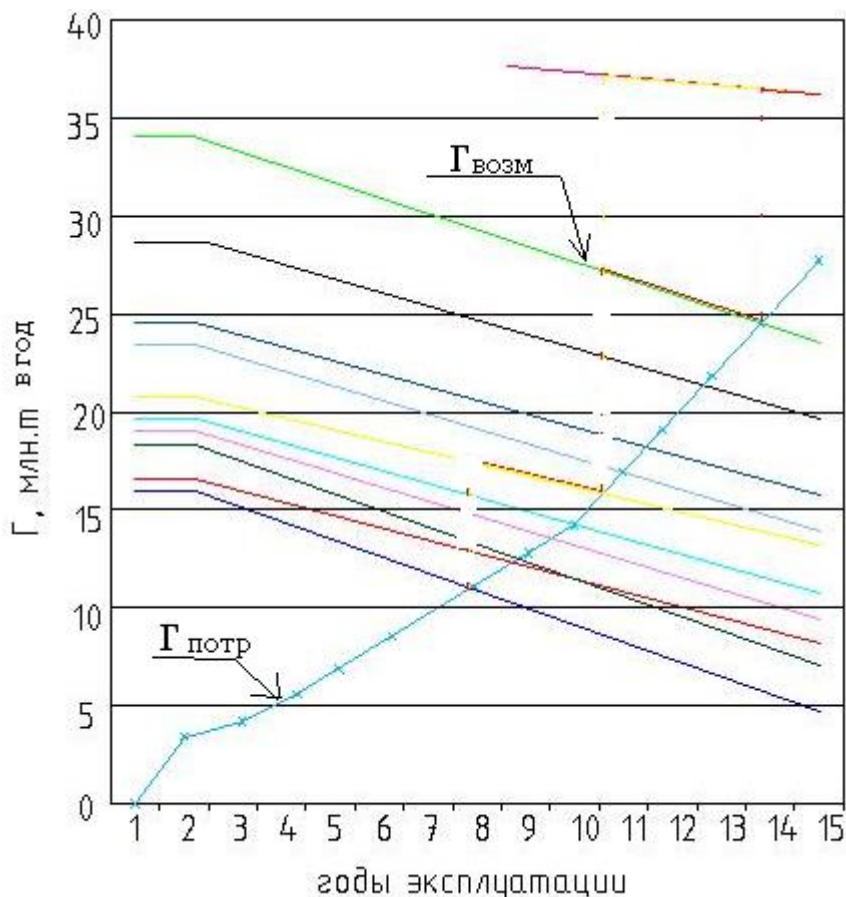


Рис.1. Совмещенный график возможной и потребной провозной способности железнодорожной линии

Как видно из графика, **потребная провозная способность** с годами растет и это определяется в процесс экономических изысканий и отражает тенденцию перспективного развития экономики регионов. (Хотя все мы были свидетелями и перспективного падения потребной провозной способности ж.д, котрый наблюдался в период распада СССР. Это очень можно восстановить по песпективному развитию БАМа, котрый в период

строительства предусматривал уже в ближайшую перспективу строительство на линии вторых путей. Но эти вторые пути мы начинаем строить только сейчас).

Возможная провозная способность с годами падает. Это объясняется ростом негрузового движения в перспективе. В этом случае негрузовые поезда снимают с графика грузовые (это все можно увидеть, анализируя формулу 4).

2.2. Техническое состояние при фиксированном расчетном случае

Графики ППС и ВПС, соответствующей определенному уровню технической оснащенности линии, строят для фиксированных параметров постоянных устройств, которые и определяют исходную трассу (ширина колеи, руководящий уклон, расчетная пропускная способность, земляное полотно, мосты, тоннели, станционные комплексы).

Эти фиксированные параметры постоянных устройств определяют в практике проектирования **расчетный случай**.

Надо представлять, если вы рассматриваете проектирование ж.д. трассы с различными значениями руководящего уклона, то каждому значению руководящего уклона будет соответствовать расчетный случай. Сколько уклонов – столько и расчетных случаев.

Но при этих фиксированных параметрах (в рамках одного расчетного случая) можно выбрать различные средства технической оснащенности, то есть – тип и количество локомотивов, количество путей, система СЦБ и график движения поездов.

Определенное сочетание средств технического оснащения называется **техническим состоянием**.

Это понятие введено для формализации информации о технической вооруженности ж. дороги при необходимости использования ЭВМ для выбора оптимальной стратегии усиления ж.д. линии.

Сколько можно рассмотреть технических состояний ж.д.?

Например: 5 типов локомотивов*3 кратности тяги*2 типа графика* 2 количества путей*2 способа скрещения поездов= 120 вариантов.

Техническое состояние, в котором дорога сдается в постоянную эксплуатацию, называется **начальным техническим состоянием**.

Техническое состояние, при котором обеспечивается овладение размерами перевозок на отдаленную перспективу, называется **конечным техническим состоянием**.

2.3. График овладения нарастающими перевозками и его анализ

График овладения нарастающими перевозками строится для лимитирующего перегона на все расчетные годы.

Для определения лимитирующего перегона требуется выполнить тяговые расчеты и вычислить суммарное время хода поезда в обоих направлениях для каждого перегона рассматриваемого направления. Лимитирующий перегон имеет максимальное суммарное время хода.

Тяговые расчеты перегонов могут выполняться в инструментальной среде «ЭРА-ТЕП».

Например: по результатам расчета время хода поезда по перегонам приведено в таблице 1.

Анализ таблицы 1 позволяет выбрать лимитирующий перегон, то есть перегон, ограничивающий пропускную способность

Время хода поезда по перегонам

Таблица 1

Вид поезда	Номер перегона	Время хода поезда		Суммарное время хода по перегону, мин
		Направление «туда», мин	Направление «обратно», мин	
Грузовой поезд, существующий тепловоз 2ТЭ10М	1	22,71	14,42	37,13
	2	14,28	12,15	26,43
	3	14,95	25,05	40,00

	4	26,34	13,53	39,87
--	---	-------	-------	-------

Третий перегон является лимитирующим (суммарное время хода для тепловозной тяги соответственно равно 40,0 мин).

По результатам расчета строится совмещенный график потребной и возможной провозных способностей, на котором формируются схемы этапного усиления.

Данные о лимитирующем перегоне отразятся прежде всего в N_{\max} – максимальная пропускная способность, п.поездов/сутки, которая определяется графиком движения поездов, системой СЦБ и количеством путей.

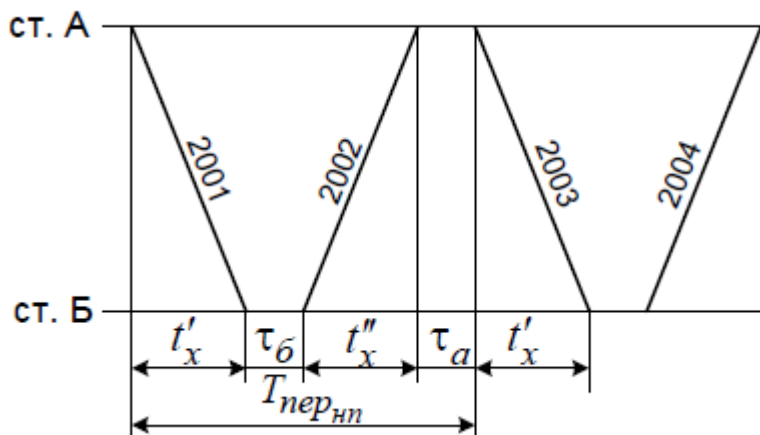


Рис.2. Фрагмент непакетного параллельного графика движения поездов

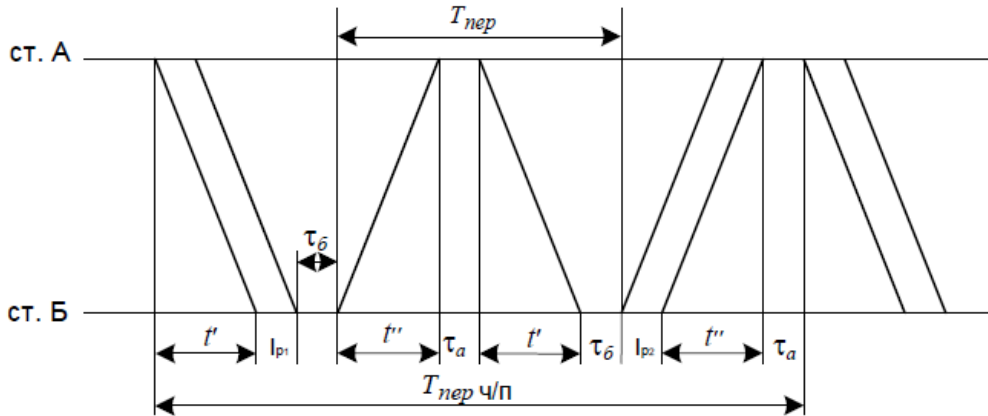
$$T_{\text{пер (нп)}} = t'_x + t''_x + \tau_a + \tau_b + t_{\text{рз}}, \quad (5)$$

где $t'_x + t''_x$ - время хода в чётном и нечётном направлениях по расчётному перегону, м ; τ_a, τ_b - станционные интервалы на приём и отправление поездов на разъездах, мин; $t_{\text{рз}}$ – время на разгон и замедление, мин.

При организации парного *частично-пакетного графика* (при двух поездах в пакете и коэффициенте пакетности $\alpha_n \approx 0,67$), т.е. когда часть поездов идёт разрозненно, а часть – в пакетах (рис.3)

$$T_{\text{пер (чп)}} = (T_{\text{пер (нп)}} + I) \cdot 2 \quad (6)$$

где I – расчётный межпоездной интервал между поездами в пакете в нечётном и чётном направлениях, принимаемый равным 8 мин при электрической тяге и 10 мин при тепловозной тяге;



При частично-безостановочном скрещении поездов на перегонах при частичной укладке второго пути на перегонах общей длиной, равной 50% от эксплуатационной длины линии

$$T_{пер\ бo(2x)} = (t_x' + t_x'') / 2 \tag{7}$$

для двухпутной линии с автоблокировкой

$$T_{пер\ II} = I \tag{8}$$

где I – расчётный межпоездной интервал в пакете, мин

Тогда для *однопутной* линии с *парным непакетным графиком* при остановочном скрещении поездов на отдельных пунктах, при безостановочном скрещении поездов на отдельных пунктах, при частично-безостановочном скрещении поездов на перегонах при частичной укладке второго пути на *перегонах* общей длиной, равной 50% от эксплуатационной длины линии, для *двухпутной* линии с автоблокировкой

$$N_{max} = \frac{(1440 - t_{техн}) \cdot \alpha_n}{T_{пер}} \tag{9}$$

где $t_{техн.}$ – продолжительность технологического «окна»: для однопутных линий $t_{техн.} = 60$ мин, для вторых путей и перегонов с частичной укладкой

второго пути $t_{\text{техн.}}=120$ мин; α_n – нормативный коэффициент надёжности работы технических устройств: для однопутных линий $\alpha_n = 0,96$; для вторых путей и перегонов с частичной укладкой второго пути $\alpha_n = 0,93$;

Для парного *частично-пакетного графика* (при двух поездах в пакете и коэффициенте пакетности $\alpha_n \approx 0,67$):

$$N_{\max} = \frac{2(1440 - t_{\text{одп}})\alpha_i}{(2 - \alpha_i)O_{\text{одп}} + 2I\alpha_i}, \quad (1.10)$$

где $t_{\text{техн.}}$ – продолжительность технологического «окна» для однопутной линии ($t_{\text{техн.}} = 60$ мин);

α_n – нормативный коэффициент надёжности работы технических устройств ($\alpha_n = 0,96$);

α_n – коэффициент пакетности, равный отношению числа поездов, следующих в пакете, к общему числу поездов ($\alpha_n \approx 0,67$);

Технологическим «окном» называют промежуток времени графика движения поездов для выполнения работ по текущему содержанию и ремонту устройств пути, контактной сети, сигнализации и блокировки.

Нормативный коэффициент надёжности α_n введён для учёта потерь времени, связанных с отказами в работе постоянных технических устройств дороги.

То есть, расчет будем вести в следующей последовательности:

$t_x' + t_x'' \rightarrow T \rightarrow N_{\max} \rightarrow n_{\Gamma}$ (на расчетные годы) $\rightarrow \Gamma_v$ (на расчетные годы) \rightarrow строим графики $\Gamma_v(t)$ различных технических состояний.

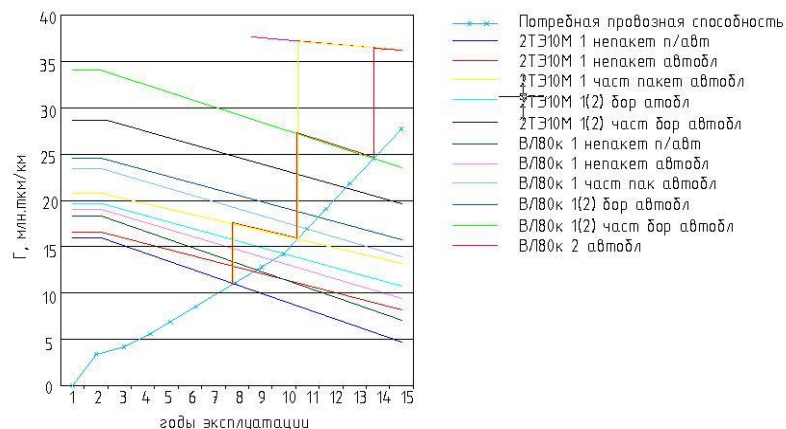


Рис. 4. График овладения нарастающими перевозками

Что такое схема этапного усиления – это последовательная смена технических состояний ж.д. линии, обеспечивающая растущие перевозки на весь расчетный период от 2-ого до 15-ого года.

При назначении вариантов (схем) овладения нарастающими перевозками дороги необходимо учесть некоторые рекомендации:

- эта последовательность должна быть технически возможной и логически целесообразной (например: не целесообразно после строительства вторых путей при тепловозной тяге переходить на линию с двухпутными вставками при электровозе, не следует переходить с большей весовой нормы на меньшую, нельзя после электрификации возвращаться к тепловозной тяге или после организации частично – пакетного графика возвращаться к непакетному);
- переход с одного состояния на другое может быть осуществлен не позднее предельного технического срока. Этот срок для каждого технического состояния наступает в момент, когда потребная и возможная мощности становятся равными и определяются точкой пересечения линий мощности на графике;

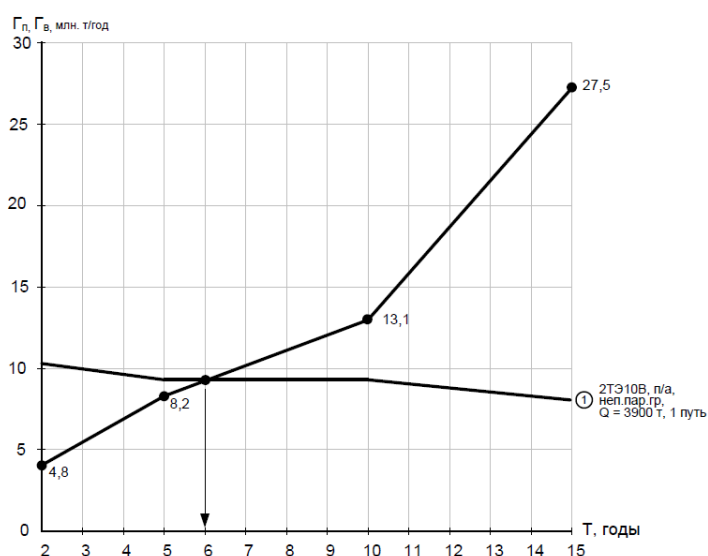


Рис.3. Предельный технический срок

- мероприятия, имеющие большой резерв пропускной и провозной способности следует по возможности отдавать во времени (о резерве можно судить по высоте ступеньки на схеме этапного усиления);
- не следует планировать смену технических состояний чаще, чем через 3-5 лет, так как это может создать картину непрерывной реконструкции, которая не позволит нормально эксплуатировать железнодорожную линию.

Задача выбора оптимальной схемы этапного усиления сложна и многовариантна. Речь идет ведь не только о выборе стратегии смен технического состояния, но и в выборе оптимального срока перехода от одного состояния в другое, так как не всегда предельный технический срок будет оптимальным.

При решении этой задачи нашли применения ЭВМ и каждый вариант характеризуется:

- капиталовложениями в строительство и оборудование;
- эксплуатационными расходами по годам эксплуатации;
- производительностью труда и фондоотдачей;
- трудовыми ресурсами;
- скоростью доставки грузов и пассажиров.

Все эти показатели могли бы определить некую совокупность критериев для выбора оптимальной схемы. Трудность в этом случае представляет оценка влияния каждого критерия на совокупный критерий. В настоящее время выбор оптимальной схемы этапного усиления осуществляется по приведенным затратам по методике многоэтапных капиталовложений.

Итак, классический подход к выбору технических параметров железной дороги основывается на предпосылке о монотонном росте грузопотока на ней.

Но монотонно растущие потребности в перевозках не исчерпывают возможные ситуации их изменения. Достаточно длительные колебания

грузопотоков могут быть обусловлены назначением линии, ее местом и ролью на сети железных дорог или в конкретном полигоне. Такие колебания могут быть вызваны несинхронностью развития мощностей железной дороги и объектов капитального строительства (опережающие или запаздывающие по сравнению с плановыми сроками ввода промышленных, горнорудных и других предприятий) в районе тяготения линии. Достаточно вспомнить спад потребных размеров перевозов в период перестройки в 90-х годах прошлого столетия.

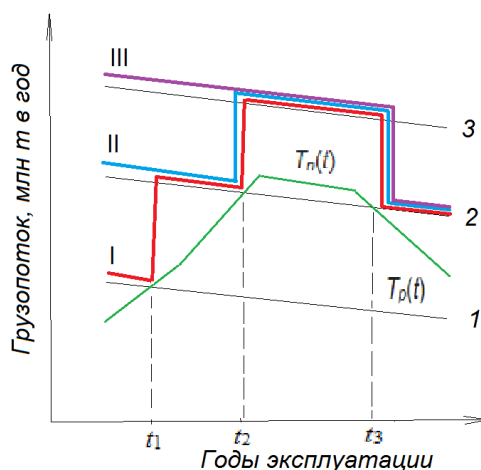


Рис. 4. Пример немонотонного роста потребных перевозок

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. СП 237.1326000.2015 Инфраструктура железнодорожного транспорта. Общие требования
2. СП 119.13330.2012 Железные дороги колеи 1520 мм. Актуализированная редакция СНиП 32-01-95
3. Распоряжение ОАО «РЖД» от «18» 01 2013 г. № 75р «Технические условия на работы по реконструкции (модернизации) и ремонту железнодорожного пути»- Москва, 2013. 124с.
4. Миронов В.С., Гороховцев Б.И., Турбин И.В. Проектирование реконструкции железной дороги: Методические указания к курсовому проектированию / Под редакцией В.С. Миронова. – М.: МИИТ, 2007. – 99 с.
5. Основы проектирования, строительства и реконструкции железных дорог [Текст] : учеб. для вузов ж.-д. трансп. / В. А. Бучкин [и др.] ; ред.: Ю. А. Быков, Е. С. Свинцов. - М. : УМЦ по образованию на ж.-д. трансп., 2009. - 447 с.