

УДК 656.21

Ю. И. Ефименко, П. К. Рыбин, М. В. Четчуев

Петербургский государственный университет путей сообщения

**ОБОСНОВАНИЕ РАЦИОНАЛЬНОЙ ЭТАПНОСТИ РАЗВИТИЯ
ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ СТАНЦИЙ И УЗЛОВ ПРИ НАЛИЧИИ ОГРАНИЧЕНИЙ**

Обоснован принцип принятия проектных решений по этапности развития железнодорожных станций и узлов при ограничениях по финансированию работ.

этап развития, вариант технического состояния, граф переходов, срок целесообразности перехода к очередному этапу.

Введение

Проблема обоснования рациональной этапности развития железнодорожных станций и узлов в реальных условиях нередко связана с недофинансированием реализации предусмотренных проектным решением мероприятий.

Для решения этой задачи необходимо рассмотреть целесообразность перехода к очередному этапу развития. При этом следует иметь в виду соотношение эксплуатационных расходов по рассматриваемым вариантам технического состояния станций.

**1 Условие целесообразности
перехода к очередному этапу
развития станции**

Характер изменения годовых эксплуатационных расходов во времени на рассматри-

ваемые варианты технического состояния при правильном формировании их набора в условиях устойчивого роста объемов работы показан на рис. 1. Для новых станций (рис. 1, а) в начале расчетного периода большая сумма годовых эксплуатационных расходов будет иметь место в вариантах с более высоким уровнем пропускной способности, что обусловлено необходимостью содержания дополнительных постоянных устройств. С течением времени, из-за увеличения размеров движения, эксплуатационные расходы будут возрастать для всех вариантов, однако темпы роста этих расходов будут выше в начальных вариантах технического состояния станций, что объясняется увеличением потерь, связанных с простоями подвижного состава в ожидании обслуживания, и задержками поездов по неприему из-за высокой загрузки станционных устройств.

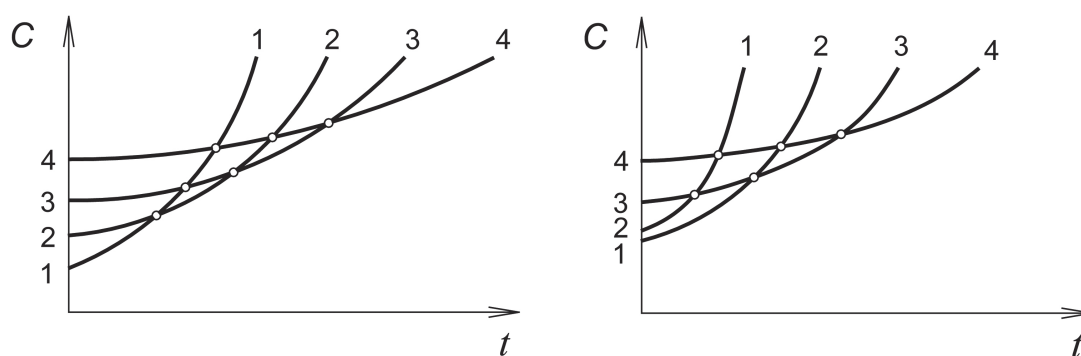


Рис. 1

Для существующих станций характер зависимости изменения годовых эксплуатационных расходов от времени может быть иным. Если станция работает с перегрузкой, то в первом (существующем) варианте технического состояния эксплуатационные расходы уже в начале расчётного периода могут оказаться больше, чем по ряду последующих вариантов её развития (рис. 1, б). Это свидетельствует о необходимости скорейшего наращивания мощности её устройств.

Для обоснования принципа определения рационального состояния станции или узла в любой год расчётного периода необходимо рассмотреть условие целесообразности перехода к более высокому уровню технического состояния (целесообразность ввода очередного этапа развития станции), используя известную вычислительную процедуру определения условно-оптимальных переходов [1]. При этом целесообразно использовать фрагмент графа переходов (рис. 2), в узлах которого указывают значения критерия эффективности (минимума суммы приведённых строительно-эксплуатационных затрат), а на соединяющих узлы дугах – приращение критерия эффективности на соответствующих шагах оптимизации.

Очевидно, что переход от технического состояния S_i к состоянию S_j целесообразен в год t , для которого справедливо условие

$$\begin{aligned} \Theta_{t-1,i}^{\text{опт}} + K_{i \rightarrow j} \alpha_t + C_{t,i} \alpha_t + C_{t+1,j} \alpha_{t+1} &\leq \\ &\leq \Theta_{t-1,j}^{\text{опт}} + C_{t,j} \alpha_t + C_{t+1,i} \alpha_{t+1}, \end{aligned} \quad (1)$$

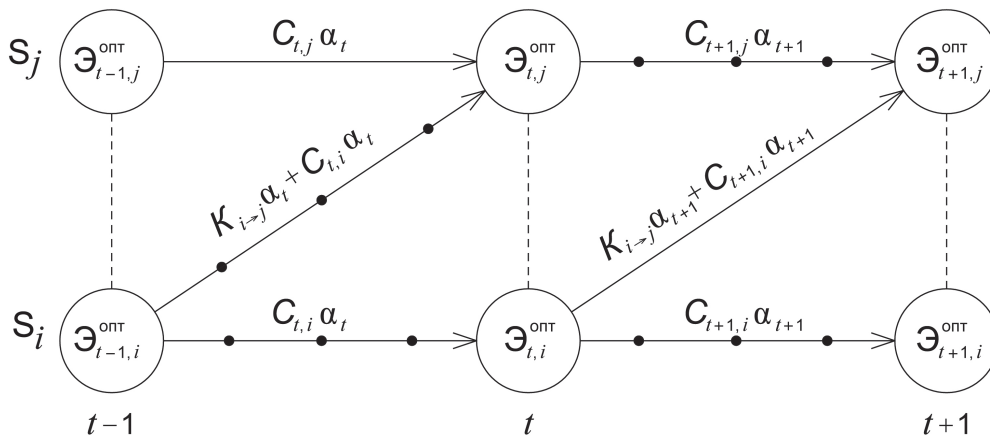


Рис. 2

где $\Theta_{t-1,i}^{\text{опт}}$ – минимальные приведённые расходы для достижения к году $t-1$ состояния S_i ; $K_{i \rightarrow j}$ – капитальные вложения, необходимые для перехода от состояния станции S_i к состоянию S_j ; $C_{t,i}$, $C_{t,j}$ – годовые эксплуатационные расходы в год t для вариантов состояния S_i и S_j ; α_t , α_{t+1} – коэффициент дисконтирования затрат соответственно для года t и $t+1$;

$$\alpha_t = 1 / (1 + E)^t,$$

где E – норма дисконта.

Сократив подобные члены и перенеся элементы, содержащие капитальные вложения в левую часть, а элементы, содержащие эксплуатационные расходы в правую часть неравенства, получим условие целесообразности ввода очередного этапа развития станции:

$$K_{i \rightarrow j} (\alpha_t - \alpha_{t+1}) \leq (C_{t+1,i} - C_{t+1,j}) \alpha_{t+1}. \quad (2)$$

При постоянной норме дисконта условие (2) принимает вид

$$K_{i \rightarrow j} E \leq C_{t+1,i} - C_{t+1,j}. \quad (3)$$

Из выражения (3) следует, что переход к очередному этапу развития становится целесообразным тогда, когда экономия от снижения эксплуатационных расходов при переходе от варианта S_i к варианту S_j окупает капитальные вложения на реализацию этого перехода.

Картина условно-оптимальных переходов накануне и по истечении срока целесообразности перехода к более высокому уровню

технического состояния станции показана на рис. 3, на котором эти переходы показаны двойными линиями. Из рис. 3 видно, что до года t для варианта технического состояния S_j оптимальным состоянием в предшествующем году является вариант S_i , а начиная с года t – вариант S_j . Поэтому условие (2) можно сформулировать так: переход к варианту, который предполагает более высокий уровень технического оснащения (очередному этапу развития станции или узла), целесообразен в тот год, начиная с которого условно-оптимальным переходом становится сохранение этого варианта технического состояния.

При устойчивом росте объёмов работы, что является одной из исходных предпосылок поэтапного развития объекта, из условия (2) вытекают два вывода:

1) оптимальный срок перехода к очередному этапу развития является единственным и всякое отклонение от этого срока в ту или иную сторону приведёт к увеличению суммы приведённых расходов;

2) после реализации в год t оптимального перехода к очередному этапу в дальнейшем целесообразным может быть либо сохранение технического состояния станции на достигнутом уровне, либо дальнейшее наращивание её мощности; возврат на более низкий уровень технического оснащения всегда нецелесообразен.

Графическая иллюстрация первого вывода представлена на рис. 4. Нижняя жирная кривая на этом рисунке характеризует зависимость суммарных приведённых расходов от времени для состояния S_i при оптималь-

ных переходах до года t . Верхняя штриховая линия представляет такую же зависимость для случая, когда вариант S_j вводится с начала расчётного периода. Кривые 1, 2 и 3 отражают динамику изменения суммарных приведённых расходов при переходе от i -го к j -му варианту технического состояния за год до оптимального срока (кривая 1), в оптимальный срок (кривая 2) и на год позже оптимального срока (кривая 3).

При преждевременном переходе к очередному этапу возникают потери из-за неполной реализации эффекта отдаления затрат, поскольку в составе приращения приведённых расходов $\Delta\mathcal{E}'_{i \rightarrow j}$ будет фигурировать величина капитальных вложений, умноженная на коэффициент дисконтирования разновременных затрат, большая, чем для оптимального срока. При переходе к очередному этапу с опозданием приращение приведённых расходов $\Delta\mathcal{E}''_{i \rightarrow j}$ увеличивается по сравнению с оптимальным из-за потерь на эксплуатационные расходы, поскольку разница их по вариантам S_i и S_j после года t может только увеличиваться (см. рис. 1).

Поскольку с течением времени экономия эксплуатационных расходов после года t по варианту S_j по сравнению с вариантом S_i возрастает, что видно из рис. 1, очевидным становится и второй вывод.

На основе условия (2) можно сформулировать принцип выбора оптимального технического состояния станции или узла в любой год расчётного периода: таковым является вариант с наибольшим уровнем пропускной (перерабатывающей) способности, для

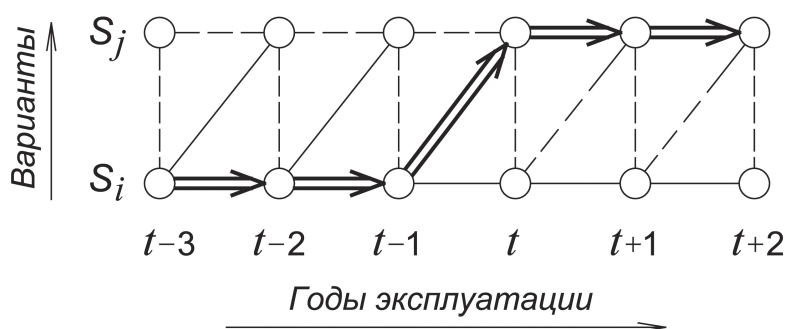


Рис. 3

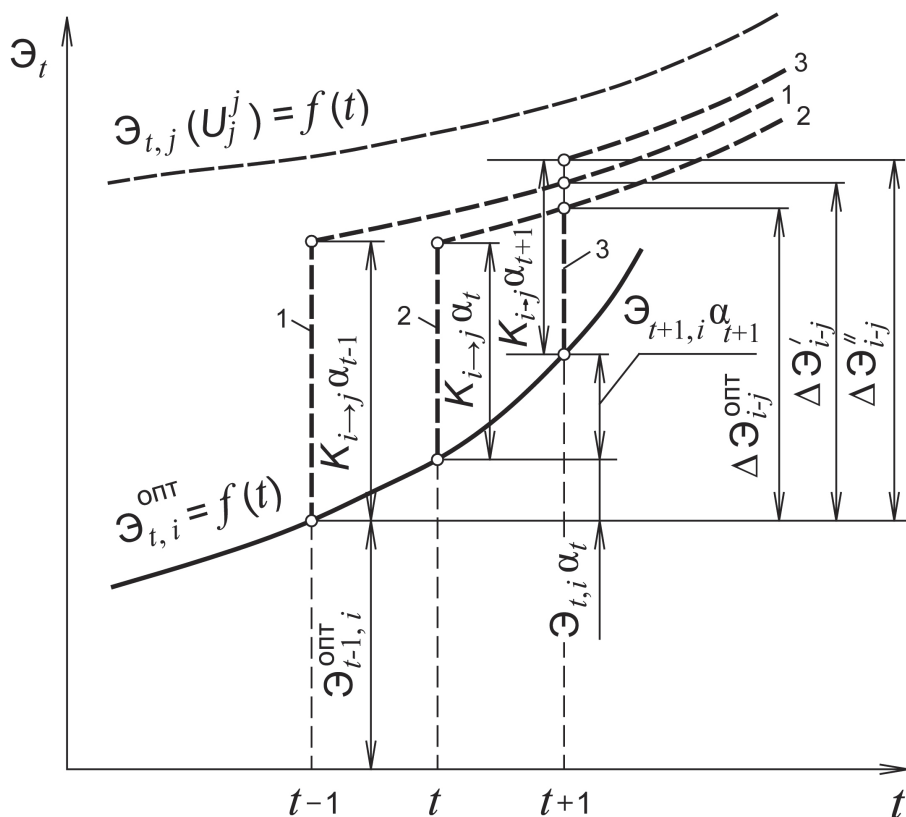


Рис. 4

которого условно-оптимальным переходом является сохранение этого варианта технического состояния станции.

2 Выбор рационального решения при ограничениях в финансировании работ

Для определения наиболее рациональных решений при отсутствии возможности финансирования мероприятий по переходу к очередным этапам развития станций в оптимальные сроки можно использовать расчётную схему, представленную на рис. 5, в верхней части которого жирной линией представлена оптимальная траектория развития станции для трёх смежных вариантов её технического состояния: S_i , S_j и S_k . Согласно рис. 5, а, в период с t_{i-j} до t_{j-k} , т. е. в течение

промежутка времени τ , оптимальным состоянием станции является S_j .

На рис. 5, б показана динамика изменения эксплуатационных расходов по трём указанным вариантам технического состояния, причём жирная «пилообразная» кривая характеризует эксплуатационные расходы при оптимальной стратегии развития станции.

При отсутствии достаточных средств на реализацию j -го этапа в году t целесообразность перехода от состояния S_i к состоянию S_j сохраняется и в последующие годы $t+1$, $t+2$, ..., поскольку со временем разница эксплуатационных расходов при i -м и j -м вариантах состояния (правая часть выражения (3)) будет возрастать, в то время как левая часть будет оставаться постоянной.

Если для года t_{j-k} целесообразен переход от варианта S_j к варианту S_k , то во все последующие годы эта целесообразность сохраняется,

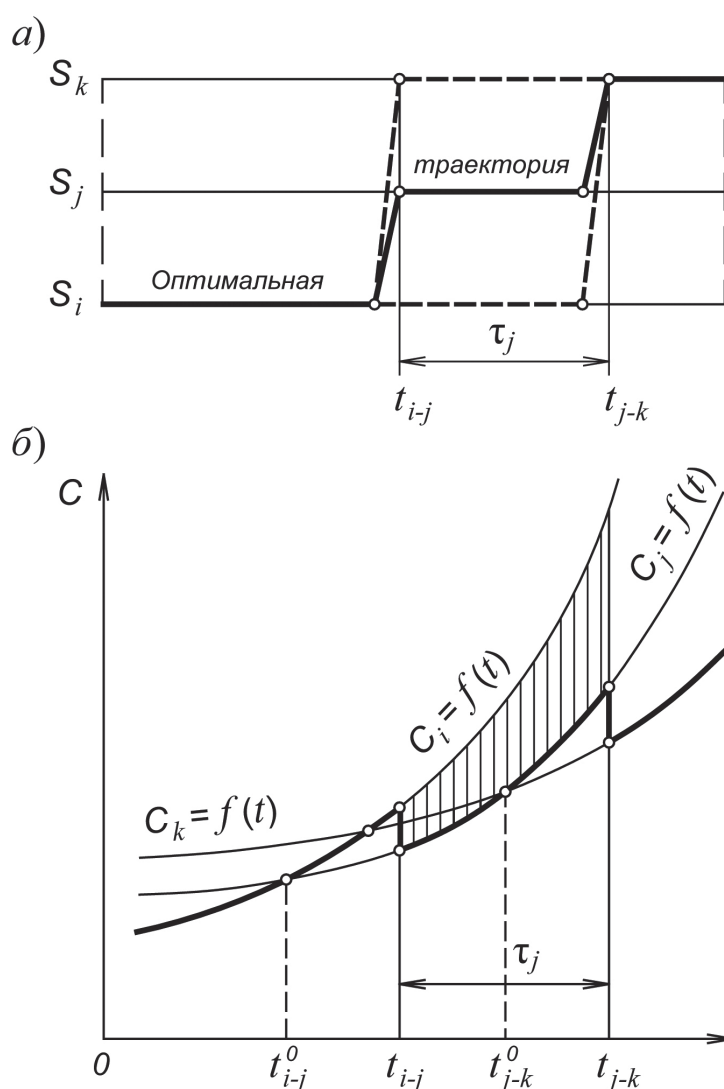


Рис. 5

даже если она не может быть реализована из-за дефицита капитальных вложений. Поэтому если к году t_{j-k} станция из-за дефицита капиталовложений вынужденно сохраняется в техническом состоянии S_j , то при появлении необходимых средств в этом году целесообразно перейти сразу от i -го к k -му варианту состояния станции, поскольку переход вначале от i -го к j -му варианту технического состояния, а затем от j -го к k -му варианту потребует больших капиталовложений, так как $K_{i \rightarrow j} + K_{j \rightarrow k}$ всегда будет больше $K_{i \rightarrow k}$ из-за дополнительных затрат на повторную организацию строительства.

Таким образом, наиболее эффективным решением при снятии ограничений по капитальным вложениям всегда будет переход к оптимальному техническому состоянию станции или узла в данном году. Этот вывод вытекает из принципа оптимальности Бэллмана [2] и легко подтверждается анализом графа переходов.

Заключение

Изложенное свидетельствует о том, что оптимальную этапность развития объекта необходимо определять во всех случаях,

даже в тех, когда заведомо известно, что требуемые капитальные вложения для наращивания мощности станционных устройств в нужные сроки выделены не будут. Наличие оптимальной траектории развития станции позволяет иметь ориентир, к которому следует стремиться при планировании капитальных вложений на перспективу и который даёт возможность избежать неверных решений.

Библиографический список

1. **Выбор** оптимальной этапности развития железнодорожных станций и узлов: учеб. пособие / Ю. И. Ефименко. – Ленинград : ЛИИЖТ, 1989. – 60 с.
2. **Динамическое** программирование / Р. Беллман ; пер. с англ. – Москва : Изд-во иностранной литературы, 1960. – 400 с.

УДК. 625.041.1

А. Ф. Колос, Д. В. Крюковский

Петербургский государственный университет путей сообщения

УСТАНОВЛЕНИЕ НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ОСНОВАНИЯ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА, СЛОЖЕННОГО ТОРФОМ, С УЧЕТОМ ДЕЙСТВИЯ ДИНАМИЧЕСКИХ НАГРУЗОК

Рассматриваются вопросы оценки несущей способности основания земляного полотна железных дорог с учетом действия вибродинамической нагрузки, вызванной движением поезда. Задача установления несущей способности решается с использованием модели идеально связного грунта на базе теории предельного равновесия.

несущая способность, основание земляного полотна, вибродинамическая нагрузка, модель, идеально связный грунт, теория предельного равновесия, сопротивление сдвигу, сцепление, угол внутреннего трения.

Введение

Железнодорожное сообщение в нашей стране было и остается важнейшей и самой крупной составляющей транспортной системы. В перспективе железнодорожный транспорт будет оставаться основным видом сообщения, обеспечивающим массовые грузовые и пассажирские перевозки.

Стратегия развития железнодорожного сообщения в Российской Федерации до 2030 г. предусматривает в ближайшем буду-

щем увеличение грузооборота. Возникает острая необходимость повышения провозной и пропускной способности железных дорог. Решать эту проблему нужно как за счет интенсификации работы существующей железнодорожной сети, так и строительства новых железных дорог. На сегодняшний день активными темпами на отдельных направлениях и участках осуществляется повышение скоростей движения как пассажир-