

## Выводы:

1 На основных направлениях железнодорожных линий Украины верхняя граница реализуемой маршрутной скорости составляет 43–53 % от максимальной (за исключением движения дневного поезда по маршруту Киев–Харьков, где маршрутная скорость составляет 81,7 км/ч), что значительно меньше существующего уровня ведущих железных дорог мира. Поэтому на первом этапе увеличения скоростей движения поездов необходимо использовать организационно-технические мероприятия (экстенсивный путь развития), которые позволят поднять соотношение между маршрутной и максимальной скоростями движения поездов (эволюция в процессе перевозок).

2 Время ночной поездки между основными городами Украины в пределах 12 часов может быть обеспечено при наибольшей скорости 120–140 км/ч.

3 Диапазон расстояний ночной поездки при скоростях 120–140 км/ч составляет 750–1200 км, а при скоростях 160–200 км/ч – 1000–1700 км. Таким образом, для междугородного сообщения в пределах Украины при соответствующей органи-

зации перевозок отпадает необходимость в скоростях 160–200 км/ч при ночной поездке.

4 Для направлений Киев – Львов, Киев – Одесса, Киев – Днепропетровск необходимо выполнение работ частичной реконструкции трассы, что позволит обеспечить 6-часовое нахождение пассажиров в пути. На направлении Киев – Донецк при дневной поездке следует поднимать уровень максимальной скорости до 200 км/ч, что автоматически захватит и направление Киев – Днепропетровск, либо отдать предпочтение при дневных поездках авиатранспорту.

## Список литературы

1 Гавриленков А. В., Иванов Г. Г., Макушкина Е. А. Оптимальная стратегия повышения скорости движения поездов: Межвуз. сб. науч. тр. /МИИТ. –1986. –Вып. 771. – С. 9–12.

2 Бойко В. Д., Карпов М. И., Талавіра Г. М. Формування множини варіантів підвищення швидкостей руху поїздів на основі графів: Зб. наук. пр. /КІЗТ. – 1998. – Вип. 1. – С. 72–76.

3 Дьомін Ю. В. Залізнична техніка міжнародних транспортних систем (вантажні перевезення). – К.: Юнікон – Прес, 2001. – 342 с.

4 Бойко В. Д., Карпов М. И., Талавіра Г. М., Возненко А. Д. Аналіз тенденцій підвищення швидкостей руху поїздів: Зб. наук. пр. // КІЗТ. – 1998. – Т. 1. – Вип. 2. – С. 86–93.

Получено 15.11.2002

**A. D. Voznenko, M. I. Karpov, A. P. Kutach.** Conceptual approaches to railway modernization and reconstruction as applied to speed increasing and providing trains safety motion.

In this article the attention is paid to the analysis of introducing idea of super speed motion of trains as applied to the Ukraine railways. The problems and reasons of non-complete realization of potential possibilities of railways have been thoroughly examined, conceptual approaches and criteria of optimization of realization of motion are given.

---

Вестник Белорусского государственного университета транспорта: Наука и транспорт. 2002. № 2(5)

---

УДК 625.17

*А. А. БОСОВ, доктор технических наук; В. В. РЫБКИН, доктор технических наук; Н. Б. КУРГАН, кандидат технических наук; Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна; В.И. ХАРЛАН, инженер; Приднепровская железная дорога, г. Днепропетровск*

## НАЗНАЧЕНИЕ ЭТАПНОСТИ МЕРОПРИЯТИЙ В ПУТЕВОМ ХОЗЯЙСТВЕ ПО ПОВЫШЕНИЮ СКОРОСТЕЙ ДВИЖЕНИЯ ПЕЗДОВ

Приводятся мероприятия по повышению скоростей движения пассажирских поездов на основных магистральных направлениях на примере Юго-Западной железной дороги.

Планами государственной администрации железнодорожного транспорта Украины предусмотрено повышение скоростей движения пассажирских поездов на основных магистральных направлениях до 140 км/ч. Научно-техническая проработка этого вопроса поручена вузам Украины. Кафедрой «Путь и путевое хозяйство» ДИИТа исследована возможность повышения скоростей движения на основных на-

правлениях Юго-Западной, Приднепровской и Одесской железных дорог.

На первом этапе работы проанализированы план и профиль направлений, схемы станций, состояние верхнего строения пути, земляного полотна, искусственных сооружений, переездов и установлены «барьерные места», которые препятствуют повышению скоростей движения. Установлено, что чаще всего «барьерными местами» являются

кривые в плане малого радиуса и горловины отдельных пунктов.

На втором этапе работы проведены многовариантные тяговые расчеты, которые позволили определить величину задержек поездов на каждом «барьерном месте», а также резервы графика движения поездов.

Стоимость мероприятий по ликвидации каждого «барьерного места» в данной задаче определялась по укрупненным нормам. Для реализации предложенных мероприятий намечены следующие этапы:

- 1) организационно-технические мероприятия, как правило, не требующие капитальных вложений;
- 2) мероприятия, которые можно реализовать при выполнении плановых капитальных путевых работ;
- 3) реконструктивные мероприятия, требующие дополнительных капитальных вложений.

Если первые два этапа легко реализуются в короткое время, то реализация третьего этапа требует поиска оптимального решения. Задача оптимизации мероприятий в путевом хозяйстве для повышения скоростей движения поездов может быть сформулирована в такой постановке:

– обеспечить заданное сокращение времени хода пассажирского поезда  $\Delta T_0$  при минимальных инвестициях  $\min K$  на переустройство и модернизацию технических устройств дороги;

– обеспечить максимальное сокращение времени хода пассажирского поезда  $\max T$  соответственно выделенной сумме инвестиций  $K_0$  на модернизацию и реконструкцию железной дороги.

В обеих постановках задачи нужно найти оптимальное техническое состояние железной дороги. В формальном виде это можно записать следующим образом.

Первая задача:

$$\text{найти } z = \min \sum_{i=1}^N K(K_i, \Delta t_i) \quad (1)$$

при условиях

$$\sum_{i=1}^N \Delta t_i \geq \Delta T_0, \quad \Delta t_i \geq 0, \quad K_i \geq 0, \quad i = 1, 2, \dots, N. \quad (2)$$

Вторая задача:

$$\text{найти } z = \max \sum_{i=1}^N \Delta T(K_i, \Delta t_i), \quad (3)$$

при условиях

$$\sum_{i=1}^N K_i \leq K_0, \quad \Delta t_i \geq 0, \quad K_i \geq 0, \quad i = 1, 2, \dots, N. \quad (4)$$

В формулах (1)–(4):  $\Delta t_i$  – сокращение времени движения поезда на  $i$ -м перегоне;  $K_i$  – потребные капиталовложения на  $i$ -м перегоне;  $\Delta T_0$  – заданное сокращение времени движения поезда;  $K_0$  – объем инвестирования.

Возникает вопрос, какие максимальные скорости движения пассажирских поездов следует рассматривать при переустройстве транспортных коридоров. При решении поставленной задачи принимались во внимание сложившийся традиционный подход и нормативные требования, которые определяют скоростное движение поездов. Так, еще в 60-е годы исследования проводились на основных направлениях сети железных дорог по трем вариантам максимальной скорости: 120, 140 и 160 км/ч [1]. Такие же уровни максимальных скоростей предлагалось рассматривать и в середине 90-х годов прошлого столетия [2].

В 2002 году в Украине вышла инструкция [3], в которой установлена классификация движения поездов в соответствии с уровнем скорости: скоростное движение – это движение пассажирских поездов со скоростями в интервалах, км/ч: 141–160 (ускоренное движение), 161–200 (скоростное движение) и свыше 200 (высокоскоростное движение).

В соответствии с установленными уровнями скорости рассматривались следующие варианты технических состояний железной дороги (таблица 1). Однако заметим, что такой подход не исключает выполнения расчетов при других уровнях скорости.

Для проведения исследований на разных этапах функционирования железная дорога была разделена на подсистемы 1-го уровня (перегоны, отдельные пункты), которые, в свою очередь, разделялись на подсистемы 2-го уровня (барьерные места). В качестве барьерных мест рассматривались кривые в плане, дефектные искусственные сооружения, участки бокового земляного полотна и т. п.

Таблица 1 – Расчетные технические состояния железнодорожной линии

Техническое состояние	Скорость движения	Необходимые мероприятия
Вариант 0	По станциям и перегонам существующая (по приказу Н)	Специальных мероприятий не нужно
Вариант 1	По станциям существующая, по перегонам 120 км/ч	Проведение модернизации пути
Вариант 2	По станциям 120 км/ч (за исключением отдельных), по перегонам 140 км/ч	Проведение модернизации пути и технических устройств
Вариант 3	По станциям 140 км/ч (за исключением отдельных), по перегонам 160 км/ч	Модернизация пути, технических устройств и возможная реконструкция участков трассы

**Глобальная оптимизация.** На первом этапе исследований выполнялась *глобальная оптимизация* в границах транспортного коридора (объекты – перегоны, оценка капитальных вложений – по укрупненным показателям). При *глобальной оптимизации* железнодорожная линия рассматривалась как система, элементами которой есть  $m$  участков,

каждый из которых может находиться в  $n$  состояниях (рисунок 1).

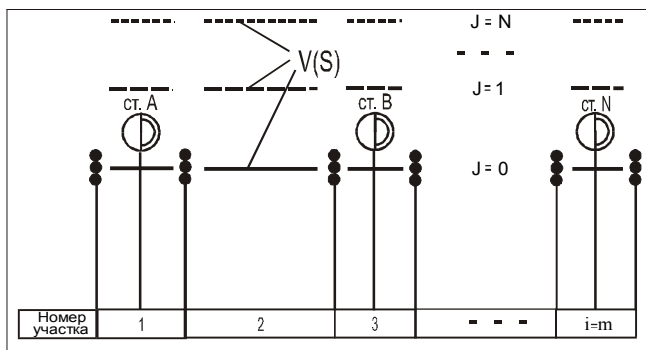


Рисунок 1 – Разделение железнодорожной линии на участки при различных технических состояниях дороги, соответствующих разным уровням максимальной скорости

На каждом  $i$ -м участке ( $i = 0, 1, 2, \dots, m$ ) каждому техническому состоянию  $j$  ( $j = 0, 1, 2, \dots, n$ ) поставим в соответствие пары чисел:  $\Delta t_{ij}$  и  $K_{ij}$  – соответственно сокращение времени хода и потребные капитальные вложения, определенные расчетами.

Для решения приведенных задач оптимизации был использован метод векторной оптимизации функций множества [4]. По приведенному выше

алгоритму составлена программа для ЭВМ и решена задача оптимизации этапности реализации мероприятий по подготовке железнодорожного пути к повышению скоростей движения пассажирских поездов до 140 км/ч на направлении Зерново–Киев Юго-Западной железной дороги и Подволочиск–Львов Львовской железной дороги.

Ниже представлены результаты расчетов, выполненные для направления Зерново–Киев при введении максимальной скорости 140 км/ч [5].

На каждом перегоне направления Зернов–Конотоп–Нежин–Киев было определено время движения пассажирского поезда при существующих ограничениях скорости (согласно приказу Н) и при введении максимальной скорости, подсчитаны сокращения времени  $\Delta t_i$  и необходимые капитальные вложения  $K_i$  для выполнения работ по модернизации инфраструктуры и реконструкции плана линии.

В результате расчетов получены экономия времени движения и необходимые капиталовложения для возможных комбинаций перегонов  $W_i$ . В качестве иллюстрации приведены данные для участка Нежин–Киев (таблица 2).

Таблица 2 – Набор объектов на участке Нежин – Киев

Затраты, тыс. грн.	Сокращение времени, мин	Стоимость 1 мин	Набор объектов
180	2,8	64	W25
520	3,1	168	W22
660	5,2	127	W23, W25
700	5,9	119	W22, W25
1140	6,1	187	W24, W25
1180	8,3	142	W22, W23, W25
1620	8,5	191	W23, W24, W25
1660	9,2	180	W22, W24, W25
2140	11,6	184	W22, W23, W24, W25
2760	11,8	234	W22, W24, W25, W26
3240	14,2	228	W22, W23, W24, W25, W26
4440	14,3	310	W22, W23, W24, W25, W26, W27
6198	15,6	397	W20, W22, W23, W24, W25, W26
6510	15,9	409	W19, W22, W23, W24, W25
7130	16,1	443	W19, W22, W24, W25, W26
7610	18,5	411	W19, W22, W23, W24, W25, W26
8810	18,6	474	W19, W22, W23, W24, W25, W26, W27
10568	19,9	531	W19, W20, W22, W23, W24, W25, W26
11768	20,0	588	W19, W20, W22, W23, W24, W25, W26, W27
17890	21,3	840	W19, W21, W22, W23, W24, W25, W26
19090	21,4	892	W19, W21, W22, W23, W24, W25, W26, W27
20848	22,7	918	W19, W20, W21, W22, W23, W24, W25, W26
22048	22,8	967	W19, W20, W21, W22, W23, W24, W25, W26, W27

По результатам расчетов построены графики от затрат на модернизацию и реконструкцию линии (рисунок 2).

от затрат на модернизацию и реконструкцию линии (рисунок 2).

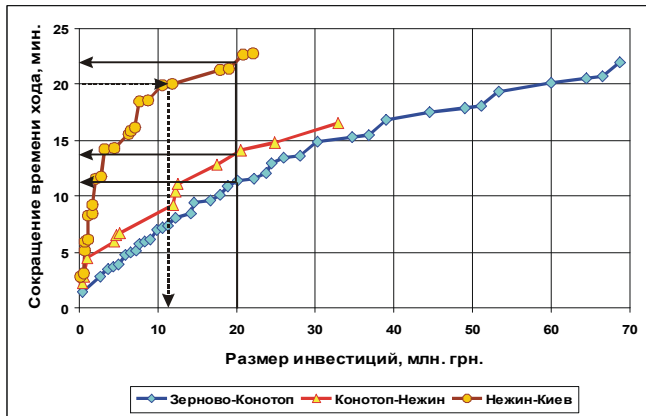


Рисунок 2 – Зависимость сокращения времени движения от размера инвестирования

Для выполнения работ по модернизации постоянных сооружений и устройств и реконструкции плана в полном объеме на участке Зерново–Киев нужны инвестиции в сумме около 120 млн грн. Учитывая экономическое состояние общества, а также необходимость организации скоростного движения на разных направлениях международных транспортных коридоров в границах Украины, невозможно обеспечить финансирование в полном объеме. Поэтому были рассмотрены несколько вариантов возможного инвестирования. Предположим, что для выполнения работ на всем направлении выделены средства в сумме 20 млн грн. Эти средства могут быть направлены в любой из трех участков. Из рисунка 2 видно, что выделение инвестиций на первый участок Зерново–Козотоп позволит сократить время движения на 11 мин, на втором участке Козотоп–Нежин эффект от сокращения времени составит 14 мин, на третьем участке Нежин–Киев – 22 мин. Таким образом, пользуясь графиком, можно определить наиболее эффективные объекты соответственно выделенной суммы инвестиций. Соответственно принятым данным, средства должны быть направлены на объекты: W19, W21, W22, W23, W24, W25, W26, W27 – это перегон Нежин–Носовка и семь перегонов от ст. Кобижчи до ст. Киев-Московский. Такое распределение средств обеспечит наибольшее сокращение времени в сравнении с другими возможными вариантами – условие 1-й задачи, формула (1). Аналогично решается задача оптимального распределения капиталовложений при других объемах финансирования.

Используя график на рисунке 2, можно решить и 2-ю (обратную) задачу (формула (3)). Если сокращение времени известно (оно определяется исходя из заданной маршрутной скорости), например, 20 мин, то по рисунку 2 для участка Нежин–Киев находим требуемые капитальные вложения – 11,780 млн грн. Модернизации подлежат 8 перегонов с 19-го по 27-й, исключая 21-й, т. е. от Нежина до Киева, не включая перегон Кобижчи–Бровицы.

**Локальная оптимизация.** Она предусматривает возможность установления максимально допустимой скорости не только в границах каждого перегона, но и по каждому барьерному месту. Решение такой задачи значительно сложнее уже потому, что необходимо рассматривать взаимозависимые участки (объекты). Для таких участков (см. рисунок 2) характерно то, что сокращение времени движения поезда, полученное на каждом участке после устранения ограничения скорости движения, не равняется выигрышу во времени, если снять все ограничения скорости, т. е. критерий оптимизации не является аддитивным. Получить достоверные исходные данные можно только после выполнения тяговых расчетов при разных комбинациях снятия ограничений скоростей (устранение барьерных мест).

Рассмотрим в качестве примера решение задачи локальной оптимизации по устранению барьерных мест, ограничивающих скорость движения поездов, на перегоне Злочев–Красне Львовской железной дороги. На перегоне имеется 16 барьерных мест, в том числе шесть кривых, которые по своим параметрам не позволяют реализовать скорость движения 120–160 км/ч (рисунок 3).

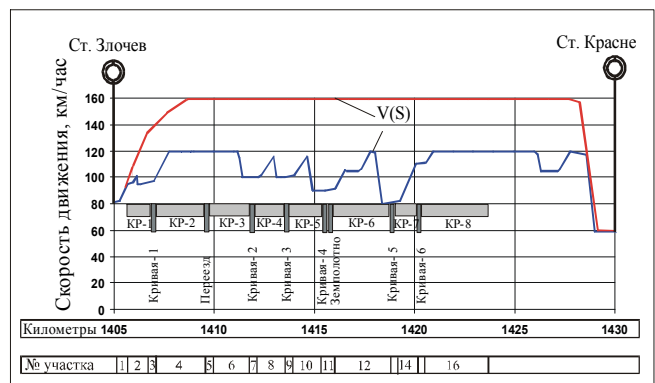


Рисунок 3 – Барьерные места и кривые скорости  $V(S)$  до и после реконструкции участка

Для выполнения расчетов методом векторной оптимизации исходная информация, включающая в себя стоимости переустройства каждого барьерного места, представлена в таблице 3 для соответствующих уровней максимальной скорости: 120, 140 и 160 км/ч.

На рисунке 3 и в таблице 3 обозначены: *КР* – капитальный ремонт пути; *Крив №* – кривая, подлежащая переустройству; *Пер.* – переезд, охраняемый при скорости 140 км/ч; *Путепр.* – путепроводная развязка при введении скорости 160 км/ч.

В результате выполненной оптимизации по разработанной в ДИИТе программе получены наборы объектов, требуемые капитальные вложения и достигаемое при этом сокращение времени хода пассажирских поездов.

Таблица 3 – Исходные данные

Номер участка (объекта)	Скорость до реконструкции	Длина объекта, м	120 км/ч		140 км/ч		160 км/ч		Барьерные места
			затраты	скорость проектная	затраты	скорость проектная	затраты	скорость проектная	
1	80	918	2000	120	2000	120	2000	120	Злочев
2	120	1425			1710	140	1995	160	КР1
3	95	259	460	120	625	140	800	160	Крив1
4	120	2185			2620	140	3060	160	КР2
5	120	16			70	140	5800	160	Путепр.
6	120	2735			3280	140	3830	160	КР3
7	100	441	1120	120	1635	140	2210	160	Крив2
8	120	1256			1510	140	1760	160	КР4
9	100	403	920	120	1335	140	1780	160	Крив3
10	120	1385			1660	140	1940	160	КР5
11	90	634	1950	120	3070	140	4400	160	Крив4
12	120	2853			3425	140	3990	160	КР6
13	80	425	630	120	870	140	1120	160	Крив5
14	120	680			820	140	950	160	КР7
15	110	579	1650	120	2665	140	3850	160	Крив6
16	120	2724			3270	140	3810	160	КР8
17	140	6350			0	140			
18	60	773			0	60			
19	60	700			0	60			

Решение задачи по выбору объектов для их переустройства на участке Злочев–Красне при разных уровнях максимальной скорости приведено в таблицах 4–6.

Таблица 4 – Вариант 1 (максимальная скорость 120 км/ч)

$\Delta t_i$ , мин	$K_i$ , тыс. грн.	Набор объектов $U$							
0,1	630	Кр.5							
1,0	1090	Кр.5	Кр.1						
1,2	2010	Кр.5	Кр.1	Кр.3					
1,6	3130	Кр.5	Кр.1	Кр.3	Кр.2				
2,0	5080	Кр.5	Кр.1	Кр.3	Кр.2	Кр.4			
<b>2,4</b>	<b>7080</b>	<b>Кр.5</b>	<b>Кр.1</b>	<b>Кр.3</b>	<b>Кр.2</b>	<b>Кр.4</b>	<b>Злоч.</b>		
2,6	8730	Кр.5	Кр.1	Кр.3	Кр.2	Кр.4	Злоч.	Кр.6	

Таблица 5 – Вариант 2 (максимальная скорость 140 км/ч)

$\Delta t_i$ , мин	$K_i$ , тыс. грн.	Набор объектов $U$														
0,7	870	Кр.5														
1,0	1495	Кр.5	Кр.1													
1,3	2900	Пер.	Кр.5	Кр.1	Кр.3											
1,5	4535	Кр.5	Кр.1	Кр.4												
<b>1,9</b>	<b>6200</b>	<b>Кр.5</b>	<b>Кр.1</b>	<b>Кр.4</b>	<b>Кр.2</b>											
2,1	7605	Пер.	Кр.5	Кр.1	Кр.3	Кр.2	Кр.4									
2,3	9535	Кр.5	Кр.1	Кр.4	Кр.2	Злоч.	Кр.3									
2,4	10425	Пер.	Кр.5	Кр.1	Кр.3	Кр.2	Кр.4	КР7	Злоч.							
2,5	11935	Пер.	Кр.5	Кр.1	Кр.3	Кр.2	Кр.4	КР7	Злоч.	КР4						
2,7	12805	Кр.5	Кр.1	Кр.4	Кр.2	Злоч.	Кр.3	КР8								
3,0	16215	Пер.	Кр.5	Кр.1	Кр.3	Кр.2	Кр.4	КР7	Злоч.	КР4	КР2	КР5				
3,2	18705	Кр.5	Кр.1	Кр.4	Кр.2	Злоч.	Кр.3	КР8	КР3	КР2						
3,3	19485	Пер.	Кр.5	Кр.1	Кр.3	Кр.2	Кр.4	КР7	Злоч.	КР4	КР2	КР5	КР8			
3,5	21370	Пер.	Кр.5	Кр.1	Кр.3	Кр.2	Кр.4	КР7	Злоч.	КР4	КР2	КР5	КР6			
3,6	21440	Кр.5	Кр.1	Кр.4	Кр.2	Злоч.	Кр.3	КР8	КР3	Кр.6	КР2	Пер.				
3,7	22260	Кр.5	Кр.1	Кр.4	Кр.2	Злоч.	Кр.3	КР8	КР3	Кр.6	КР2	Пер.	КР7			
3,9	22765	Пер.	Кр.5	Кр.1	Кр.3	Кр.2	Кр.4	КР7	Злоч.	КР4	КР2	КР5	КР8	КР3		

Продолжение таблицы 5

$\Delta t_i$ , мин	$K_i$ , тыс.грн.	Набор объектов $U$															
4,1	23770	Кр.5	Кр.1	Кр.4	Кр.2	Злоч.	Кр.3	КР8	КР3	Кр.6	КР2	Пер.	КР7	КР4			
4,3	25430	Кр.5	Кр.1	Кр.4	Кр.2	Злоч.	Кр.3	КР8	КР3	Кр.6	КР2	Пер.	КР7	КР4	КР5		
4,5	27140	Кр.5	Кр.1	Кр.4	Кр.2	Злоч.	Кр.3	КР8	КР3	Кр.6	КР2	Пер.	КР7	КР4	КР5	КР1	
4,9	28855	Пер.	Кр.5	Кр.1	Кр.3	Кр.2	Кр.4	КР7	Злоч.	КР4	КР2	КР5	КР6	Кр.6	КР8	КР3	
<b>5,0</b>	<b>30565</b>	<b>Кр.5</b>	<b>Кр.1</b>	<b>Кр.4</b>	<b>Кр.2</b>	<b>Злоч.</b>	<b>Кр.3</b>	<b>КР8</b>	<b>КР3</b>	<b>Кр.6</b>	<b>КР2</b>	<b>Пер.</b>	<b>КР7</b>	<b>КР4</b>	<b>КР5</b>	<b>КР1</b>	<b>КР6</b>

Таблица 6 – Вариант 3 (максимальная скорость 160 км/ч)

$\Delta t_i$ , мин	$K_i$ , тыс.грн.	Набор объектов $U$															
0,6	1120	Кр.5															
0,9	1920	Кр.5	Кр.1														
1,2	4650	Кр.5	Кр.1	КР7	Кр.3												
<b>1,5</b>	<b>5730</b>	<b>Кр.5</b>	<b>Кр.1</b>	<b>КР8</b>													
1,7	7510	Кр.5	Кр.1	КР8	Кр.3												
2,1	9510	Кр.5	Кр.1	КР8	Кр.3	Злоч.											
2,6	14960	Кр.5	Кр.1	КР7	Кр.3	Кр.2	КР5	КР4	Кр.4								
2,9	16120	Кр.5	Кр.1	КР8	Кр.3	Злоч.	Кр.4	Кр.2									
3,3	19950	Кр.5	Кр.1	КР8	Кр.3	Злоч.	Кр.4	Кр.2	КР3								
3,6	22660	Кр.5	Кр.1	КР8	Кр.3	Злоч.	Кр.4	Кр.2	КР3	КР7	КР4						
4,1	22760	Кр.5	Кр.1	КР7	Кр.3	Кр.2	КР5	КР4	Кр.4	КР6	КР8						
4,5	29655	Кр.5	Кр.1	КР8	Кр.3	Злоч.	Кр.4	Кр.2	КР3	КР7	КР4	КР5	КР1	КР2			
<b>5,1</b>	<b>33505</b>	<b>Кр.5</b>	<b>Кр.1</b>	<b>КР8</b>	<b>Кр.3</b>	<b>Злоч.</b>	<b>Кр.4</b>	<b>Кр.2</b>	<b>КР3</b>	<b>КР7</b>	<b>КР4</b>	<b>КР5</b>	<b>КР1</b>	<b>КР2</b>	<b>Кр.6</b>		
6,1	35500	Кр.5	Кр.1	КР7	Кр.3	Кр.2	КР5	КР4	Кр.4	КР6	КР8	КР3	КР2	Кр.6	Злоч.		
6,3	37495	Кр.5	Кр.1	КР8	Кр.3	Злоч.	Кр.4	Кр.2	КР3	КР7	КР4	КР5	КР1	КР2	Кр.6	Кр.6	
6,8	43295	Кр.5	Кр.1	КР8	Кр.3	Злоч.	Кр.4	Кр.2	КР3	КР7	КР4	КР5	КР1	КР2	Кр.6	Кр.6	

По данным таблиц 4–6 (графы  $\Delta t_i$  и  $K_i$ ) построены графики сокращения времени хода пассажирского поезда при различных уровнях максимальной скорости (рисунок 4).

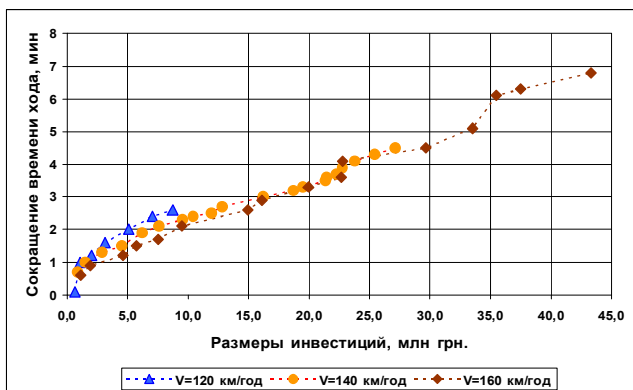


Рисунок 4 – Зависимость сокращения времени хода от выделяемых инвестиций

В прикладных задачах динамического программирования [5] графики  $\Delta t_i(K_i)$ , представленные на рисунках 2 и 4, называют функцией полезности. Анализ зависимости кривых функций полезности от размеров выделяемых инвестиций позволил выявить три важных экономических свойства: небольшие размеры выделяемых капиталовложений дают минимальный эффект, при максимальных вложениях

наступает эффект "насыщения" и наилучший результат находится в средней зоне инвестирования.

Анализируя результаты расчетов по перегону Злочив–Красне, можно прийти к выводу, что при локальной оптимизации из-за малых расстояний между барьерными местами выборочное их переустройство может не привести к реализации максимальной установленной скорости 160 км/ч. В этих случаях для достижения заданного сокращения времени  $[\Delta t]$  нет необходимости увеличивать скорость до  $V_{max}$ , т. е. решается задача о выборе рациональной скорости, затраты на достижение которой окупаются доходами от перевозок.

При одних и тех же размерах выделяемых капитальных вложений сокращение времени хода может быть большим при меньшем уровне максимальной скорости. Это объясняется набором объектов  $U$ , для которых темп роста стоимости больше, чем темп роста сокращения времени. Например, при  $K$  около 7 млн грн. и скорости 120 км/ч можно переустроить пять кривых и станцию Злочив (см. таблицу 4), при  $V_{max} = 140$  км/ч – только четыре кривые (см. таблицу 5), при  $V_{max} = 160$  км/ч – только две кривые и выполнить капитальный ремонт пути на длине 2,7 км (см. таблицу 6).

Можно достигнуть большего сокращения времени, например 5 мин, повысив скорость движения до 140 км/ч и затратив на реконструкцию 30,565 млн грн., что выгоднее, чем вариант с таким же сокращением времени при максимальной скорости 160 км/ч (см. таблицу 6). Наконец, достижение большего сокращения времени, чем пять минут, возможно только при скорости 160 км/ч.

Использование тяговых расчетов как составной части метода оптимизации позволило в качестве критериев рассматривать широкий круг функций полезности, таких, как сокращение времени хода поезда, уменьшение механической работы локомотива или расхода электроэнергии, экономии эксплуатационных расходов на передвижение поезда.

Получено 15.11.2002

**A. A. Bosov, V. V. Rybckin, N. B. Kurgan, V. I. Harlan.** Determination of periods of measures used for speed increasing of trains in railway management.

Different measures for increasing the speed of motion of passenger trains on the mainroad routes are shown in this article on the example of the South-Western Railway.

#### Список литературы

1 *Беленький Н. П.* Техничко-экономическое обоснование направлений с высокими скоростями движения поездов и полигонов с унифицированной длиной станционных путей / Передовой опыт в области изысканий и проектирования на железных дорогах // Информационное сообщение для дорпроектв №7–М.: ГИПРОТРАНСТЭИ, 1964. – С. 3–18.

2 *Гавриленков А. В., Иванов Г. Г., Макушкина Е. А.* Оптимальная стратегия повышения скорости движения поездов: Межвуз. сб. науч. тр. / МИИТ. – 1986. – Вып. 771. – С. 9 – 12.

3 Тимчасова інструкція з організації швидкісного руху пасажирських поїздів. Вимоги до інфраструктури та рухомого складу / ВНД 32.1.07.000-02. –51 с.

4 *Босов А. А.* Применение функций множества в инженерных и экономических задачах // Транспорт: 3б. наук. праць ДПТУ. Вип.9.– Дніпропетровськ, 2002.

5 *Белман Р., Дрейфус С.* Прикладные задачи динамического программирования. – М.: Наука, 1965.