

С С С Р — М П С

ДНЕПРОПЕТРОВСКИЙ ИНСТИТУТ  
ИНЖЕНЕРОВ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА

---

На правах рукописи

Аспирант ЕВГРАФОВ В. И.

К ВОПРОСУ ВВЕДЕНИЯ СКОРОСТНОГО ДВИЖЕНИЯ  
ПОЕЗДОВ НА СУЩЕСТВУЮЩИХ МАГИСТРАЛЯХ

Специальность № 430 «Проектирование и строительство  
железных дорог»

Автореферат  
диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

Днепропетровск  
1968

НТБ  
ДНУЖТ

Работа выполнена в Днепропетровском институте инженеров железнодорожного транспорта.

Научный руководитель — профессор **Б. В. Яковлев**.

Официальные оппоненты:

доктор технических наук, профессор **Г. И. Черномордик**,  
кандидат экономических наук, старший научный сотрудник **Л. Г. Цыпин**.

Ведущее предприятие — Главное управление движения МПС.—

Автореферат разослан «*28*» *сентября* 1968 г.

Защита диссертации состоится «*31*» *октября* 1968 г. на заседании Совета Днепропетровского института инженеров железнодорожного транспорта.

г. Днепропет

С диссертаци

Ученый секретар

НТБ  
ДНУЖТ

ДНЕПРОПЕТРОВСКИЙ ИНСТИТУТ  
ИНЖЕНЕРОВ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА

На правах рукописи

Аспирант ЕВГРАФОВ В. И.

К ВОПРОСУ ВВЕДЕНИЯ СКОРОСТНОГО ДВИЖЕНИЯ  
ПОЕЗДОВ НА СУЩЕСТВУЮЩИХ МАГИСТРАЛЯХ

Специальность № 430 «Проектирование и строительство  
железных дорог»

Автореферат  
диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

НАУКОВО-ТЕХНІЧНА БІБЛІОТЕКА  
Дніпропетровський національний  
університет залізничного транспорту  
Імені академіка С.О.Зваряна  
4968

НТБ  
ДНУЖТ

Программой КПСС в числе важнейших задач в области транспорта предусмотрено значительное повышение скоростей движения поездов на железных дорогах.

Рост скоростей движения дает значительный народнохозяйственный эффект. В пассажирском движении рост скоростей сокращает время пребывания пассажиров в пути и ускоряет доставку их к месту назначения. Высвобожденное время у определенной группы людей, участвующей в общественном производстве, может быть использовано для производительного труда.

Особенностью отечественных железных дорог является то, что высокие скорости движения необходимо реализовать на существующих магистралях, где совершаются и грузовые перевозки с интенсивностью, не имеющей себе равной в мире. Введение скоростного движения поездов на существующих магистралях осложняется наличием большого числа ограничений скорости, вызванных неоднородностью параметров железнодорожного пути.

В ряде случаев возникает необходимость увеличения радиусов кривых и возвышения наружного рельса, удлинения переходных кривых, усиления верхнего строения пути, переустройства станций и т. д.

Отечественными учеными выполнен ряд исследований по проблеме технико-экономической эффективности введения скоростного движения поездов. Первые опыты в этом направлении проведены проф. Б. Н. Веденисовым.

Всесоюзным научно-исследовательским институтом железнодорожного транспорта (ЦНИИ) разработаны технические требования к высокоскоростному подвижному составу, устройствам автоматического вождения поезда (автомашинист) и другим устройствам, повышающим безопасность движения поездов, а также создающим комфортабельные условия труда локомотивных бригад и удобства для пассажиров. Важно

значение в вопросах введения скоростного движения имеют работы проф. В. А. Лазаряна (ДИИТ) по продольной динамике поезда.

Ряд исследований Института комплексных транспортных проблем (В. И. Петров, С. С. Ушаков, Г. И. Черномордик и др.) и Комиссии АН СССР по транспорту (А. В. Горинев) по вопросам развития единой транспортной сети Советского Союза посвящен обоснованию технико-экономической эффективности повышения скоростей движения поездов на железных дорогах.

Всесоюзным научно-исследовательским институтом транспортного строительства (ЦНИИС) совместно с Гипротранс-тэи и ЦНИИ разработаны «Указания по проектированию железных дорог колеи 1524 мм общей сети для движения пассажирских поездов со скоростями 121—160 км/ч».\*)

Исследования профессоров А. Е. Гибшмана, А. И. Иоаннисяна, А. Д. Каретникова, Ф. П. Кочнева, Г. И. Черномордика и др. посвящены установлению рационального уровня средних и максимальных скоростей грузового и пассажирского движения, сокращению разрыва между ходовой и участковой скоростью, вопросам организации движения поездов при высоких скоростях, выбору веса и скорости пассажирских поездов.

В работах профессоров С. В. Амелина, В. И. Ангелейко, М. Ф. Вериги, О. П. Ершкова, М. А. Фришмана, М. А. Чернышева, Г. М. Шахунянца и др. рассмотрены вопросы подготовки пути к высокоскоростному движению и взаимодействия пути и подвижного состава при высоких скоростях.

Коллективные работы кафедр проектирования железных дорог БИИЖТа, ДИИТа, ЛИИЖТа, НИИЖТа, ТашИИТа и кафедры «Путь и путевое хозяйство» ХИИТа посвящены вопросам введения скоростного движения на конкретных полигонах железнодорожной сети.

Задачей настоящей работы является исследование некоторых частных вопросов проблемы повышения скоростей движения на эксплуатируемых железных дорогах: установление технико-экономической эффективности полного или частичного устранения различных видов постоянно действующих ограничений скорости, определение влияния устранения ограничений на оптимальный уровень максимальной скорости пассажирских поездов, разработка мероприятий по устранению отдель-

\*) Проект «Указаний» разработан под руководством Г. Э. Верцмана.

ных, наиболее распространенных, видов ограничений скорости движения поездов.

Вопросы технико-экономической эффективности скоростного движения исследованы на конкретном направлении Москва—Симферополь.

В первой главе диссертации приведен исторический обзор повышения скоростей движения поездов на отечественных железных дорогах и за рубежом.

Пионером в освоении высоких скоростей движения пассажирских поездов в нашей стране является Октябрьская железная дорога. В настоящее время на этой магистрали максимальные скорости доведены по перегонам до 160 км/ч и по большинству станций — до 140 км/ч.

С начала 60-х годов проводится подготовка и других направлений к введению скоростного движения поездов. На магистралях Москва—Горький и Москва—Брест уже курсируют поезда с максимальной скоростью 140 км/ч, на линии Москва—Харьков максимальная скорость доведена до 120 км/ч. Однако средняя маршрутная скорость движения дальних пассажирских поездов на железных дорогах СССР (49,2 км/ч, в том числе скорых 60,1 км/ч в 1965 г.) еще отстает от скоростей в наиболее развитых капиталистических странах (Франция, США, Япония).

Управление Октябрьской ж. д. совместно с ЦНИИ и ЛИИЖТом проводят на линии Москва—Ленинград опытные поездки со скоростями 200 км/ч и более. ЦНИИ, ЛИИЖТ, Гипротранстэи, ЦНИИС, проектно-изыскательские институты Главтранспроекта и другие организации проводят теоретические, экспериментальные и проектные работы для доведения скоростей движения пассажирских поездов до 200—250 км/ч.

Одно из ведущих мест по объему перевозок с высокими скоростями занимает Франция. Более чем на 30% протяжения ее железнодорожной сети реализуются скорости движения пассажирских поездов до 140 км/ч. Рекордная скорость 331 км/ч была установлена во Франции при испытательных поездках двух электропоездов с составом из трех пассажирских вагонов. Характерно, что на французских железных дорогах веса пассажирских поездов небольшие, в среднем 250—300 т.

В США на отдельных линиях (Чикаго—Сент-Пол, Лос-Анжелос—Нью-Йорк) поезда следуют с максимальной скоростью 160 км/ч. На опытном участке между Нью-Йорком и Вашингтоном (34 км) была реализована скорость 242 км/ч, а

при испытаниях вагона, оборудованного реактивным двигателем, достигнута скорость 296 км/ч.

Большие успехи в области повышения скоростей движения поездов достигнуты в Японии. В 1964 г. здесь была открыта линия Токайдо (515 км), построенная специально для высокоскоростного движения. В первые годы на линии обращалось 14 пар суперэкспрессов и 12 пар обычных экспрессов. Время хода от Токио до Осака составляло соответственно 4 и 5 часов. В 1966—1967 гг. маршрутные скорости на линии были подняты для суперэкспрессов до 172 км/ч и время хода сокращено до 3 часов.

Принято считать движение на железных дорогах обычным при скоростях грузовых поездов до 80 км/ч и пассажирских — до 100 км/ч включительно; скоростным — при скоростях грузовых поездов 81—100 км/ч, пассажирских 101—140 км/ч и высокоскоростным — при скоростях грузовых поездов 101—120 км/ч и пассажирских 141 км/ч и выше.

В настоящее время решением руководства МПС выделен первоочередной полигон сети, намеченный к введению скоростного движения поездов. Общее протяжение полигона 15,5 тыс. км, в том числе 12,3 тыс. км (78,5%) двухпутных направлений с электрической тягой, из которых 3,5 тыс. км — на переменном токе.

Таким образом, исследование вопросов введения скоростного движения поездов применительно к условиям двухпутных электрифицированных магистралей имеет большое практическое значение.

Во второй главе диссертации изложена методика исследования и проведен анализ эксплуатационных затрат.

Эффективность повышения скоростей движения пассажирских поездов за счет устранения постоянно действующих ограничений для отдельных направлений различна и зависит от количества и вида ограничений, протяженности направления, переводимого на скоростное движение, средней длины перегонов, условий плана и профиля, принимаемого уровня максимальной скорости, величины ограничений скорости, типа локомотива, веса поезда, размеров пассажирского и грузового движения и других факторов.

Было проведено обследование существующих двухпутных электрифицированных железнодорожных линий центральной части Советского Союза общей протяженностью свыше 2 тыс. км эксплуатационной длины.

Рассмотрен типовой продольный профиль с уклонами по классификации ЦНИИ МПС. Выполненные расчеты на этом профиле позволили установить зависимость тягово-эксплуатационных показателей при устранении ограничений скорости, от параметров продольного профиля.

При ограничении скорости движения образуется зона, которую поезд проходит со скоростью ниже установившейся для данного элемента профиля. В исследованиях эта зона рассматривалась раздельно по трем участкам: торможения, основного ограничения (поезд движется с равномерной ограниченной скоростью) и разгона до установившейся скорости.

Технико-экономическая эффективность повышения скоростей движения поездов на существующих магистралях устанавливалась на основе многовариантных тягово-эксплуатационных расчетов при различных максимальных скоростях (120, 140 и 160 км/ч). Интервалы максимальных скоростей приняты соответственно задачам, поставленным на ближайшую перспективу в области повышения скоростей движения пассажирских поездов на дорогах нашей страны.

Тяговые расчеты на участках реального и типового профилей выполнены на ЭВМ «Урал 3» по программе ЦНИИ МПС. На этой основе проведен анализ дополнительных затрат времени, электроэнергии, механической работы локомотива, сил сопротивления и других показателей, связанных с ограничением скорости.

Принятый в исследовании электровоз ЧС 2 (мощность 4200 кВт) обеспечивает преодоление основного сопротивления движению поезда в диапазонах рассматриваемых максимальных скоростей. Тяговые расчеты показали возможность реализации принятых максимальных скоростей. Только на подъемах 9‰ уравниваемая скорость не превышает 142 км/ч (при весе поезда 800 т) и 133 км/ч (при весе поезда 1000 т), а на подъемах 12‰ — соответственно 133 и 112 км/ч.

Намеченные к введению скоростного движения участки железнодорожной сети нашей страны имеют, в основном, благоприятные профильные условия. На обследованных линиях выполнены тяговые расчеты, которые показали, что только 1,5—2% от общего протяжения составляют уклоны, снижающие расчетные уравниваемые скорости до 130—112 км/ч (при весе поезда соответственно 800—1000 т).

Устранение ограничений скорости приводит к увеличению ходовой скорости пассажирских поездов, что, в свою очередь, вызывает рост коэффициента съема грузовых поездов и уве-

личивает эксплуатационные затраты ( $\Delta v_x$ ) по их передвижению. При оценке эффективности устранения ограничений скорости влияние на грузовое движение учитывалось только в интервале увеличения ходовой скорости пассажирских поездов, полученном в результате устранения ограничений.

Технико-экономическая эффективность устранения ограничений скорости устанавливалась по минимуму приведенных затрат, учитывающих экономию эксплуатационных расходов и капитальные затраты на реконструкцию постоянных устройств. При расчете эксплуатационных затрат определялась лишь та их часть, которая меняется в сравниваемых вариантах.

В составе затрат, связанных с работой подвижного состава, выделены группы затрат пропорциональных времени ( $\Delta t$ ) и расходу электроэнергии ( $\Delta A$ ). Изменение расходов по ремонту подвижного состава, а также по ремонту и текущему содержанию пути, определялось по механической работе локомотива ( $\Delta R_L$ ) и сил сопротивления ( $\Delta R_C$ ). Потребовалось ввести новый измеритель — механическая работа сил сопротивления за вычетом сопротивления воздушной среды ( $\Delta R'_C$ ). С помощью этого измерителя учитывалась возрастающая доля сопротивления воздушной среды в общем показателе механической работы сил сопротивления.

Сравнительная технико-экономическая эффективность устранения ограничений скорости устанавливалась по формуле:

$$П \leq \frac{\Delta \Delta}{E} + K_c^п - K_c^г, \quad (1)$$

где:  $П$  — затраты на устранение ограничений скорости;

$\Delta E$  — ежегодная экономия сопоставимых эксплуатационных затрат;

$E$  — нормативный коэффициент эффективности;

$K_c^п$  — возвратные капитальные вложения в пассажирский парк локомотивов и вагонов;

$K_c^г$  — дополнительные капитальные вложения в грузовой парк локомотивов и вагонов.

При исследовании определены изменения сопоставимых показателей, отражающихся на величине эксплуатационных затрат, а затем, пользуясь методом расходных ставок, исчислена суммарная приведенная годовая экономия эксплуатационных затрат ( $\Delta \Delta$ ), связанных с устранением ограничения скорости в одном из направлений движения.

$$\Delta \Theta = \left[ \sum_{i=1}^{I+m} (\Delta \Theta_n + \Delta \Theta_{iA} + \Delta \Theta_{iR_n} + \Delta \Theta_{iR'_c}) N_i^n \right] 365 + \Delta \Theta_{v_x}, \quad (2)$$

где:  $N_i^n$  — число пассажирских поездов определенной категории в сутки (среднее за год);

$m$  — количество категорий пассажирских поездов.

Факторы, определяющие величину эксплуатационных затрат, изменяются различно в зависимости от условий профиля и режима движения поезда.

Изменение затрат пропорциональных времени в большой степени зависит от уровней максимальной и ограниченной скоростей и параметров продольного профиля. При небольших интервалах между максимальной и ограниченной скоростями (особенно при высоких их уровнях) величина уклонов продольного профиля почти не отражается на изменении потерь времени хода поезда (0,2—0,3 мин.).

Удельная мощность локомотива влияет на изменение времени хода только на участках разгона и составляет постоянную часть в общих затратах времени при ограничении скорости, не зависящую от длины участка ограничения. Увеличение длины участка ограничения сокращает удельное содержание потерь времени, зависящих от мощности локомотива.

Затраты на электроэнергию рассмотрены по трем участкам ограничения скорости.

При торможении и разгоне большое влияние оказывает продольный профиль. Наибольший дополнительный расход электроэнергии для этих участков происходит на спусках 6‰. Изменение веса поезда вызывает почти пропорциональное изменение дополнительного расхода электроэнергии. По мере увеличения интервала между максимальной и ограниченной скоростями влияние продольного профиля и веса поезда на дополнительный расход электроэнергии возрастает.

На участке основного ограничения достигается экономия в расходе электроэнергии за счет прохода поезда с пониженной скоростью, что в определенной степени покрывает дополнительные расходы, вызванные торможением и разгоном. Эта экономия возрастает по мере снижения уровня ограниченной скорости и увеличения длины участка ограничения. В значительной степени влияют на дополнительный расход электроэнергии условия профиля.

Затраты на электроэнергию, при ограничении скорости, восстанавливаются за счет экономии на участке основного

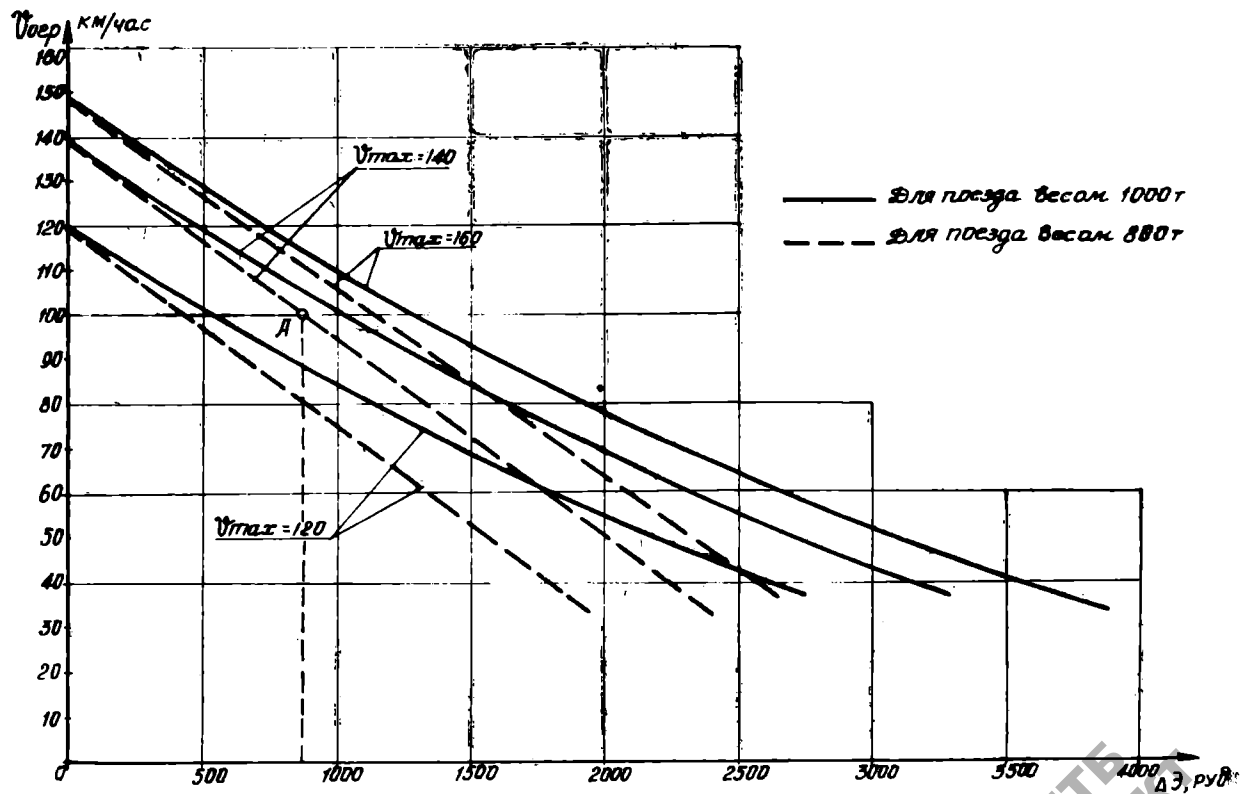


Рис. 1. Годовая экономия эксплуатационных затрат на 1 поезд при ликвидации ограничения скорости.  
(на площадке, длина основного участка ограничения 1,0 км)

ограничения, кроме случаев движения поезда на спусках 4—6‰.

Затраты пропорциональные механической работе локомотива в большой степени зависят от параметров продольного профиля. Протяженность участка основного ограничения почти не оказывает влияния на изменение этих затрат при проходе поездов по спускам 6‰ и круче.

Механическая работа сил сопротивления определена исходя из механической работы локомотива за вычетом работы сил сопротивления воздушной среды.

$$R_c' = (R_d - R_w) + R_b, \quad (3)$$

где:  $R_d$  — механическая работа локомотива;

$R_w$  — работа сил воздушного сопротивления движению поезда;

$R_b$  — работа тормозных сил.

Анализ изменения сопоставимых показателей дает возможность установить величину ожидаемой экономии эксплуатационных затрат при устранении ограничений скорости с учетом параметров продольного профиля, уровней максимальной и ограниченной скорости, протяженности участка ограничения и удельной мощности локомотива.

На рис. 1 приведена годовая экономия эксплуатационных затрат на 1 поезд при устранении одного ограничения скорости. График составлен с учетом затрат пропорциональных времени, расходу электроэнергии, механической работы локомотива и сил сопротивления.

Изменение величины коэффициента съема грузовых поездов и связанные с этим дополнительные затраты эксплуатационных расходов должны учитываться в целом по участку и суммироваться с общими итогами экономии эксплуатационных затрат на полный размер пассажирского движения (по формуле 2).

В третьей главе произведена группировка постоянных ограничений скорости, установлена степень влияния каждой группы на тягово-эксплуатационные показатели и определена технико-экономическая оценка мероприятий по устранению этих ограничений.

Детальное исследование было проведено на двух участках существующей сети железных дорог (направления Центр — Крым и Украина — Кавказ), общей протяженностью 771 км. Оба участка электрифицированы на постоянном токе.

В диссертации приведены параметры плана и профиля этих участков.

На основании тяговых расчетов установлено, что при скорости 120 км/ч создается такой режим движения поезда, при котором влияние постоянно действующих ограничений распространяется на протяжении 285—312 км (или 53,4%—58,4% от длины рассмотренного участка) Крымского направления и на протяжении 210—219 км (или 89,4%—92,8% от длины рассмотренного участка) Кавказского направления.

На участке Крымского направления наиболее существенными являются ограничения скорости на кривых, имеющих недостаточное возвышение наружного рельса (36 мест), влияние их распространено на 99,6 км (18,7% от общей длины участка).

Велико число ограничений скорости по стрелочным переводам — 30 мест. При несколько меньшем количестве этих ограничений влияние их распространено на 171,9 км (32,1% от общей длины участка).

На участке Кавказского направления преобладающими как по числу (44 места), так и по протяженности (117,4 км или 49,8%) оказались ограничения скорости из-за недостаточного возвышения наружного рельса.

При повышении максимальной скорости до 140 км/ч, влияние постоянно действующих ограничений скорости возрастает. Так, на участке Крымского направления поезд будет находиться под влиянием этих ограничений на протяжении 465 км (87,0% от длины участка), а на участке Кавказского направления — на протяжении 232 км или 98,5% от общей длины участка.

Анализ условий движения пассажирских поездов по участку Крымского направления показал, что при устранении ограничений по недостаточному возвышению наружного рельса и максимальной скорости 120 км/ч для веса поезда 1000 т ходовая скорость повышается, по сравнению с существующим положением, на 27,0% в нечетном и на 24,2% в четном направлениях. Расход электроэнергии увеличивается, соответственно, на 22,3% и 27,1%.

В тех же условиях, но при максимальной скорости 140 км/ч, ходовая скорость повышается на 45,9% в нечетном и на 43,7% в четном направлениях. Расход электроэнергии увеличивается, соответственно, на 32,0% и 33,8%.

Дополнительная ликвидация ограничений скорости из-за недостаточной величины радиуса кривых дает увеличение хо-

довой скорости на 1,6—2,2% и снижение расхода электроэнергии на 4,1—6,2%.

Уменьшение веса поезда на 20% (до 800 т) дает увеличение ходовой скорости не более 1,3%.

На участке Кавказского направления при устранении ограничений по недостаточному возвышению наружного рельса и максимальной скорости 120 км/ч ходовая скорость увеличивается на 27,8% в нечетном и на 32,3% в четном направлениях. Расход электроэнергии увеличивается, соответственно, на 24,5% и 13,7%.

Полная ликвидация ограничений при скорости до 140 км/ч на перегонах и доведение скорости движения по стрелочным переводам до 120 км/ч повысит ходовую скорость, по сравнению с существующим положением, на 52,3% в нечетном и на 57,3% в четном направлениях. Расход электроэнергии увеличивается, соответственно, на 28,1% и 11,8%.

Устранение ограничений из-за малых радиусов кривых на участке Крымского направления не дает заметного роста ходовых скоростей и является малоэффективным мероприятием. Для участка Кавказского направления план линии более ощутимо влияет на скорости, ввиду большей его сложности.

На существующих железнодорожных линиях не всегда удается избежать ограничения скорости из-за недостаточного возвышения наружного рельса даже в кривых большого радиуса. Учитывая это, следует стремиться (в пределах возможного) к сближению допускаемых скоростей по радиусу и возвышению.

$$v_{\max} [f(R)] = v_{\max} [f_1(h)]. \quad (4)$$

Обычно на существующем земляном полотне имеется возможность сдвижки пути до 0,3—0,5 м. Используя это обстоятельство, можно добиться улучшения параметров переходных кривых и повысить допускаемые скорости движения поездов за счет некоторого уменьшения радиуса кривой со смещением ее центра.

Известно, что кроме рассмотренных потерь, связанных с ограничением скорости движения поездов, кривые участки пути малых радиусов вызывают удлинение трассы, повышенный износ рельсов и бандажей, снижают коэффициент сцепления локомотива с рельсами и увеличивают расходы на текущее содержание пути.

Формула (1) сравнительной технико-экономической эффективности устранения ограничений скорости примет вид:

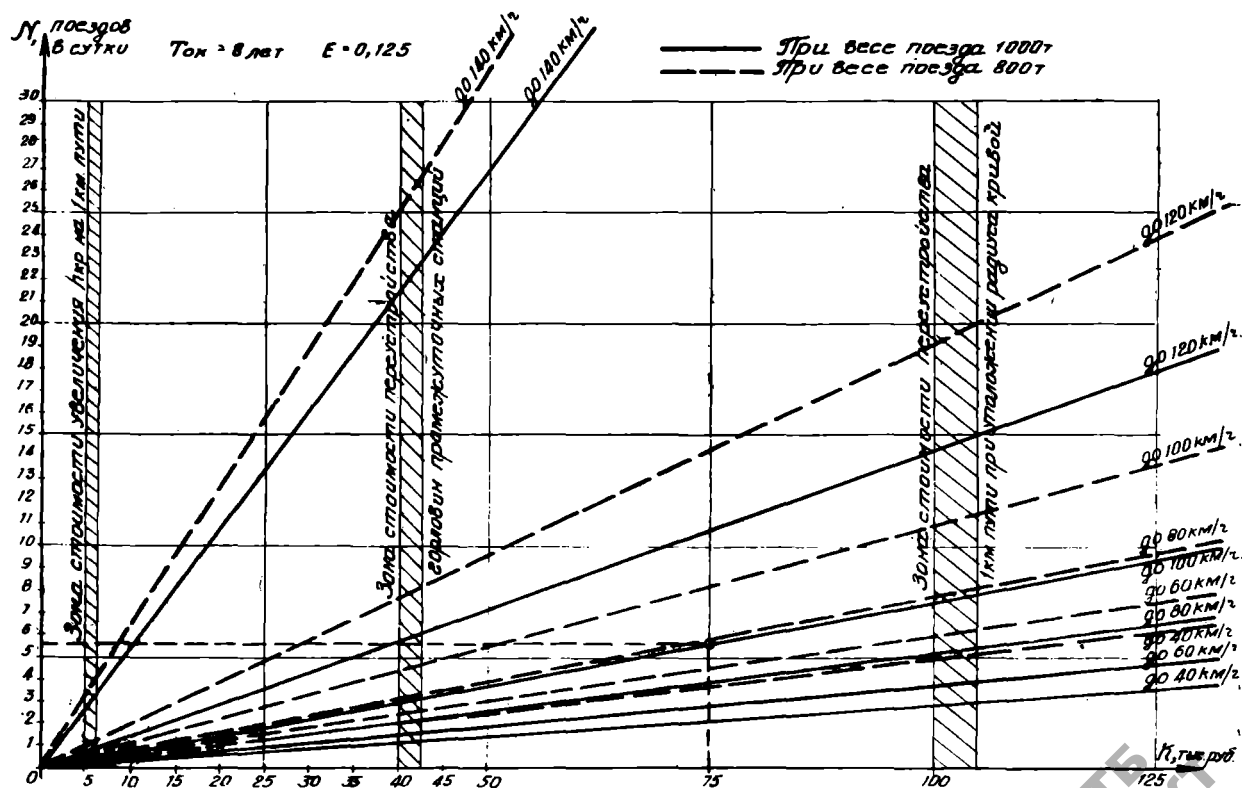


Рис. 2. Размеры пассажирского движения, при которых окупаются капитальные затраты на устранение ограничений скорости от 160 км/час.

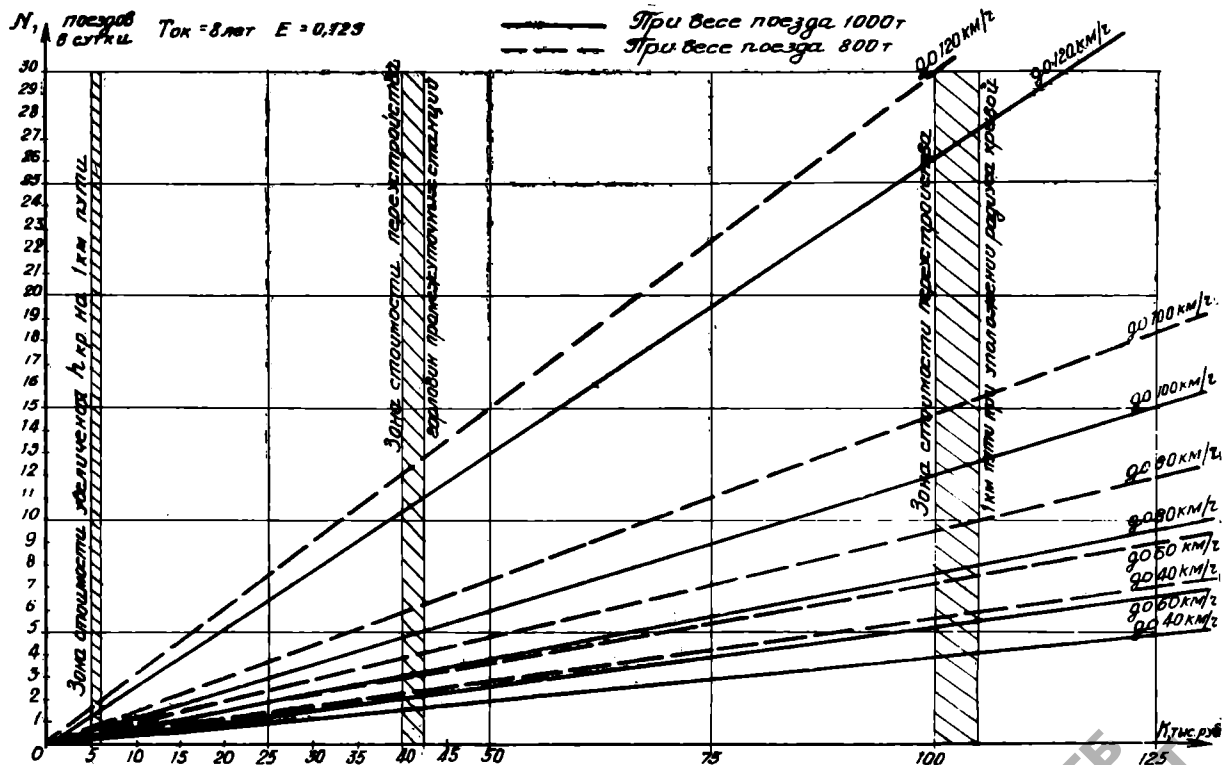


Рис. 3. Размеры пассажирского движения, при которых окупаются капитальные затраты на устранение ограничений скорости от 140 км/час.

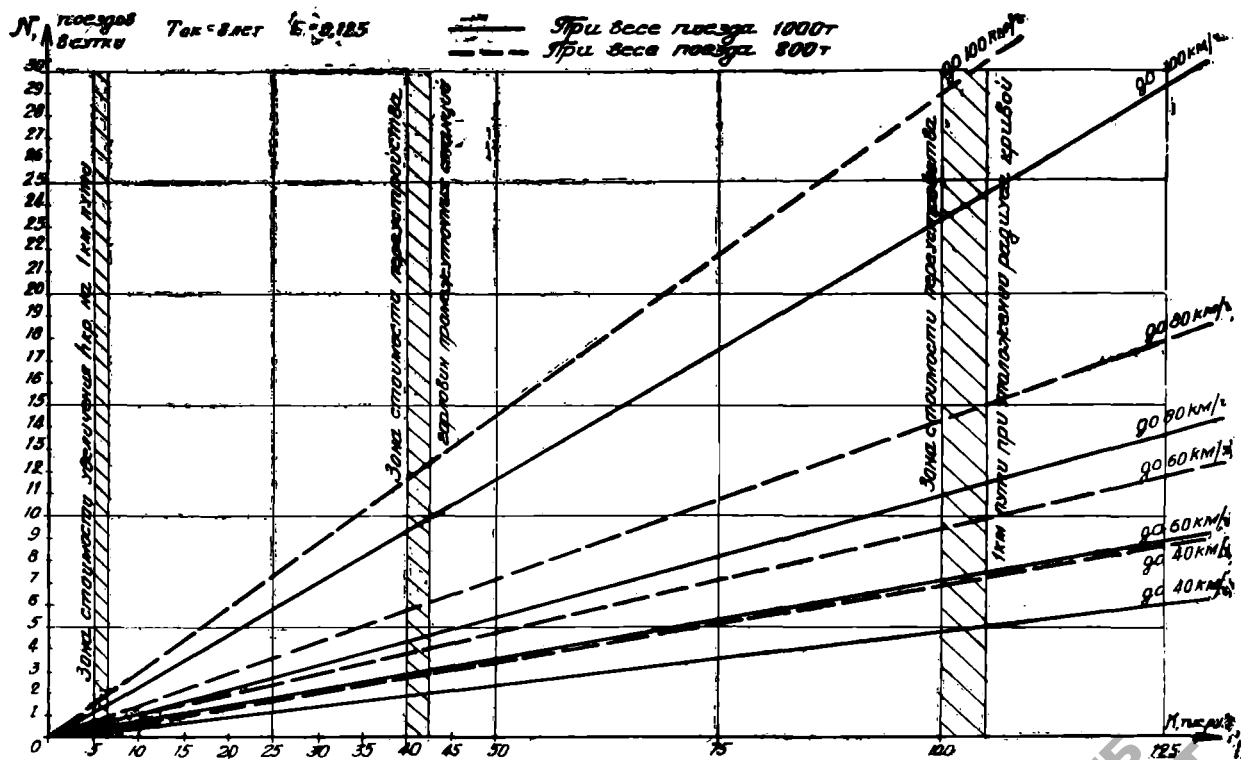


Рис. 4. Размеры пассажирского движения, при которых окупаются капитальные затраты на устранение ограничений скорости от 120 км/час.

$$\Pi \leq \frac{\Delta \mathcal{E} + \Delta \mathcal{E}' + \Delta \mathcal{E}''}{E} + K_{\text{с}}^{\text{п}} - K_{\text{с}}^{\text{г}}, \quad (5)$$

где:  $\Delta \mathcal{E}'$  — экономия эксплуатационных расходов при уположении радиуса кривой за счет уменьшения износа рельсов и бандажей;

$\Delta \mathcal{E}''$  — тоже, за счет сокращения длины линии.

Экономическая эффективность усиления стрелочных переводов, изменения схем их расположения и устранения других видов ограничений может быть определена только на основе индивидуального обследования и оценки строительных затрат.

На графиках (рис. 2-4) показаны размеры пассажирского движения, при которых капитальные затраты на устранение постоянно действующих ограничений скорости окупаются. Графики составлены для условий, когда участок основного ограничения расположен на площадке длиной 1 км. При иных условиях в расчет должны быть введены соответствующие поправки.

В четвертой главе рассматриваются вопросы применения электронных вычислительных машин при расчетах выправки плана линии.

Учитывая массовый характер такого рода расчетов, разработаны три программы для выправки одиночных и составных кривых на ЭВМ «Проминь».\*)

Первая программа предусматривает определение средневзвешенной скорости по результатам тяговых расчетов и размерам пассажирского и грузового движения. По средневзвешенной скорости определяются возвышение наружного рельса и длина переходной кривой с учетом скоростного движения.

При составлении алгоритма за расчетную принята формула:

$$v_0^2 = \frac{v_1^2 n_1 Q_1 + v_2^2 n_2 Q_2 + \dots + v_n^2 n_n Q_n}{n_1 Q_1 + n_2 Q_2 + \dots + n_n Q_n}, \quad (6)$$

где:  $v_1, 2, \dots, n$  — скорость движения поездов различных категорий;

$n_1, 2, \dots, n$  — количество поездов соответствующих категорий;

$Q_1, 2, \dots, n$  — вес поездов.

\*) Машины этого типа наиболее распространены в проектно-изыскательских институтах Главтранспроекта.

3326a

По второй программе определяется оптимальный радиус кривой (с учетом заданной длины переходной кривой) и рассчитываются сдвиги пути. Задача решается на ЭВМ без составления углограмм.

Программа состоит из трех частей:

- 1) определение эвольвент существующей кривой;
- 2) определение оптимального радиуса и основных элементов кривой;
- 3) определение сдвижек с учетом переходной кривой.

Третья программа позволяет производить расчет элементов составных кривых и определять сдвиги пути для постановки его в проектное положение.

Определение радиусов и углов поворота составных кривых производится методом решения системы уравнений прямых, проходящих через заданную точку с определенным угловым коэффициентом.

$$X = X_i + (Y - Y_i) f_i, \quad (7)$$

где:  $X_i$  и  $Y_i$  — координаты точки, через которую проходит прямая;

$f_i$  — угловой коэффициент (тангенс угла наклона прямой к оси абсцисс).

Решая совместно два уравнения (7) смежных прямых на углограмме, получаем координаты  $X$ ,  $Y$  — точки пересечения этих прямых, т. е.  $ККК_i$ ,  $НКК_{i+1}$ .

Программа позволяет производить расчет составных кривых, заснятых по способу Ленгипротранса. Длина участка съёмки до 1200 м, количество измеренных углов до 15, количество участков различной кривизны до 5 (включительно).

Расчет по приведенным программам 80-ти кривых, на участках, подготавливаемых к скоростному движению поездов, показал, что без переустройства земляного полотна и других постоянных сооружений возможно повысить скорость до 160 км/ч на 40 кривых, до 140 км/ч на 13 кривых и до 120 км/ч на 27 кривых (в условиях сложного плана линии).

Повышение скорости, в основном, достигалось за счет увеличения возвышения наружного рельса и удлинения переходных кривых с одновременным незначительным уменьшением радиуса круговой кривой.

В пятой главе определена технико-экономическая эффективность введения скоростного движения пассажирских поездов на направлении Москва—Симферополь (1463 км).

При разработке этой главы использованы материалы сов-

местного исследования ИКТП и ДИИТа, в котором автор принимал участие. Исходными данными послужили материалы натурного обследования и проектные разработки, полученные от управлений Московской, Южной и Приднепровской железных дорог, Дорпроекта Московской железной дороги и Днепрогипротранса, а также результаты исследований МИИТа, БИИЖТа, и ХИИТа.

На основе анализа состояния плана и профиля линии, верхнего строения пути, условий расположения стрелочных переводов в горловинах станций и станционных пассажирских устройств, установлены причины ограничения скорости и степень их влияния при различных уровнях максимально допустимых скоростей (120, 140 и 160 км/ч).

В настоящее время скорый поезд весом 1000 т на этом направлении находится в пути до 22 часов, из которых 2 часа затрачивается на стоянки.

Результаты выполненных тяговых расчетов для поезда весом 1000 т показывают, что при установлении максимальной скорости на перегонах 120 км/ч, на станциях 100 км/ч и устранении ограничений скорости по причине недостаточного возвышения наружного рельса, можно повысить ходовую скорость в нечетном и четном направлениях до 107—106 км/ч (на 39—44% в сравнении с существующим положением).

Вариант установления максимальной скорости на перегонах 140 км/ч и на станциях 120 км/ч повышает ходовую скорость до 127—128 км/ч. Время хода поезда сокращается до 11 ч 30 мин.

Дальнейшее увеличение скорости по перегонам до 160 км/ч, при сохранении допускаемой скорости по станциям 120 км/ч и ограничении в кривых до  $V=4,6\sqrt{R}$ , сокращает время хода поезда до 11 ч 10 мин, т. е. на 20 мин. Ходовая скорость увеличивается всего на 3%.

Учитывая, что вариант максимальной скорости 160 км/ч не дает ощутимого сокращения времени следования поездов, экономический эффект исчислен для уровней максимальной скорости 120 и 140 км/ч.

Детальным обследованием 31 станции установлено, что повышение скорости движения по главным путям свыше 120 км/ч вызовет большие работы по переустройству пути и других станционных сооружений. Срок окупаемости этих затрат значительно выше нормативного.

При оценке экономии эксплуатационных расходов расходные ставки на измерители приняты по разработкам Гипро-

транстэй МПС. Объемы и стоимость работ, подлежащих выполнению для обеспечения высоких скоростей движения, установлены по материалам обследования, выполненного на всем направлении, а также на основе анализа тяговых расчетов, плана и профиля линии. Сроки окупаемости затрат составляют: 24—37 лет при уположении радиусов кривых, 0,6—1,7 года при увеличении возвышения наружного рельса в кривых, 0,3—0,7 года при усилении мощности стрелочных переводов и 1,3—3,9 года при выносе стрелочных переводов на прямой участок пути.

В результате исследования установлен оптимальный уровень максимальной скорости на перегонах 140 км/ч (за исключением отдельных коротких сложных участков, где целесообразно принять  $V_{\max} = 120$  км/ч), на станциях — 120 км/ч.

Необходимые мероприятия: устранение всех ограничений по недостаточному возвышению наружного рельса; переустройство горловин промежуточных станций с целью выноса стрелочных переводов на прямую; замена стрелочных переводов на более мощные, обеспечивающие скорости не менее 120 км/ч; замена рельсов на тип Р-65; усиление балластной призмы; оборудование всех переездов оповестительной сигнализацией; ограждение пути; в необходимых случаях переустройство путевого развития станций; ликвидация негабаритных мест и др.

Стоимость затрат, связанных с выполнением этих мероприятий, составит 18,3 млн. руб. (12,5 тыс. руб. на 1 км пути). Стоимость пассажирских вагонов, высвобождаемых из оборота, в связи с повышением скорости движения поездов, составляет 3,5 млн. руб.

Экономия эксплуатационных затрат составит 3,4 млн. руб. в год, срок окупаемости — 4,4 года.

Следует учесть, что часть затрат может быть отнесена за счет средств, отпускаемых на планово-предупредительные ремонты.

Выводы, полученные в пятой главе диссертации, одобрены комиссией узлов и станций НТС МПС.

## ВЫВОДЫ

1. При проходе поезда по зоне ограничения скорости сила тяги локомотива и вес поезда (удельная мощность локомотива), величина ограниченной скорости, характер продольного

профиля и длина участка ограничения оказывают различное влияние на тягово-эксплуатационные показатели.

а) эксплуатационные затраты пропорциональные времени.

Вес поезда на участке торможения влияния на величину затрат не оказывает; на участке основного ограничения может оказывать влияние только на подъемах более 9‰; на участке разгона — оказывает влияние (на спусках это влияние незначительно).

Значение удельной мощности локомотива снижается по мере увеличения длины участка основного ограничения.

Величина ограниченной скорости оказывает влияние на всей зоне ограничения. Длина участка основного ограничения оказывает влияние пропорциональное ее изменению.

б) эксплуатационные затраты пропорциональные расходу электроэнергии.

Дополнительный расход электроэнергии пропорционален изменению веса поезда.

Длина участка основного ограничения оказывает значительное влияние на дополнительный расход электроэнергии при движении поезда на подъемах.

Дополнительные затраты электроэнергии на торможение и разгон, при ограничении скорости, восстанавливаются за счет экономии, полученной при проходе поезда по участку основного ограничения с пониженной скоростью. Это обстоятельство имеет наиболее существенное значение на крутых подъемах.

в) эксплуатационные затраты пропорциональные механической работе локомотива и сил сопротивления.

На участках торможения и разгона дополнительные затраты увеличиваются по мере снижения уровня ограниченной скорости.

По мере увеличения длины участка основного ограничения дополнительные затраты снижаются за счет экономии получаемой на этом участке; при определенной длине участка наступает полная компенсация дополнительных затрат, вызванных торможением и разгоном.

При скоростях свыше 120 км/ч воздушное сопротивление составляет более половины от основного сопротивления движению. Учитывая, что влияние воздушного сопротивления не учтено в расходных нормах по ремонту узлов подвижного состава, необходимо пользоваться новым измерителем — меха-

ническая работа сил сопротивления за вычетом сопротивления воздушной среды.

Во всех затратах (а, б, в) влияние параметров продольного профиля увеличивается по мере снижения уровня ограниченной скорости.

г) эксплуатационные затраты, связанные с изменением коэффициента съема грузовых поездов, зависят от длины направления переводимого на скоростное движение, количества постоянно действующих ограничений скорости, уровня ограниченной скорости и размеров движения.

2. Наиболее распространенные причины, вызывающие ограничение скорости, следующие: недостаточные величины возвышения наружного рельса, длины переходной кривой и радиуса круговой кривой, недостаточная мощность стрелочных переводов и неблагоприятные условия расположения стрелочных переводов в горловинах станций.

Степень влияния ограничений зависит от уровня максимальной скорости и параметров плана и профиля линии. При введении скоростного движения на существующих железнодорожных линиях с уровнем максимальной скорости 160 км/ч, влияние ограничений скорости распространяется на 90—100% общей длины линии.

3. Технико-экономические расчеты показывают, что при нормативных сроках окупаемости строительных затрат целесообразность устранения ограничений по недостаточной величине возвышения наружного рельса наступает при размерах пассажирского движения 2—3 пары поездов в сутки, по недостаточной величине радиуса круговых кривых — при 25 и более среднегодовых пар поездов в сутки.

Высокоэффективным мероприятием является устранение ограничений скорости, вызванных недостаточной мощностью стрелочных переводов, расположенных в прямых горловинах. Строительные затраты в этом случае окупаются при размерах движения до 2 пар поездов в сутки.

4. Предложенные в работе программы расчета выправки одиночных и составных кривых на ЭВМ снижают трудоемкость, повышают качество расчетов и обеспечивают отбор наиболее эффективных решений по переустройству плана линии.

5. Исследованиями, выполненными для направления Москва — Симферополь, установлен оптимальный уровень максимальной скорости по перегонам 140 км/ч, по станциям — 120 км/ч. Время доставки пассажиров составляет 13—14 ча-

сов. Введение скоростного движения на этом направлении является эффективной мерой дальнейшего улучшения организации пассажирских перевозок.

6. Принятая в работе методика исследования и установленная зависимость эксплуатационных затрат от различных параметров могут быть использованы при определении технико-экономической эффективности введения скоростного движения на других электрифицированных направлениях сети железных дорог Советского Союза.

---

**Основные положения диссертационной работы опубликованы  
в следующих статьях:**

1. Евграфов В. И. Особенности технологии производства изыскательских и обследовательских работ к проекту электрификации существующих железных дорог с учетом введения скоростного движения поездов. Труды ДИИТа, вып. 51, М., Транспорт, 1964.

2. Губенко Е. Н., Евграфов В. И. Эффективность снятия ограничения скоростей движения пассажирских поездов по горловинам на раздельных пунктах скоростных линий. Труды ДИИТа, вып. 57, М., Транспорт, 1965.

3. Губенко Е. Н., Евграфов В. И. Техничко-экономическая эффективность снятия ограничений скорости движения пассажирских поездов на линии с электрической тягой. Труды ДИИТа, вып. 70, М., Транспорт, 1966.

4. Евграфов В. И. О выправке плана линии при подготовке к скоростному движению поездов на существующих железных дорогах. Труды ДИИТа, вып. 70, М., Транспорт, 1966.

5. Евграфов В. И. Расчет средневзвешенных скоростей движения поездов, возвышения наружного рельса и длины переходной кривой. (Программа для ЭВМ «Проминь»). Центральный институт нормативных исследований и научно-технической информации в транспортном строительстве «Оргтрансстрой». Каталог № 1, М., 1967.

6. Евграфов В. И. Об эффективности ликвидации отдельных ограничений при введении скоростного движения поездов. Труды ДИИТа, вып. 82, Днепропетровск, 1968.

**Кроме того, отдельные результаты диссертационной работы доложены:**

на XVII научно-технической конференции Днепропетровского института инженеров транспорта, март 1967 г.;

на техническом совещании в Днепрогипротрансе, апрель 1968 г.;

на заседании семинара кафедры проектирования ж. д. ДИИТа, июнь 1968 г.;

на заседании комиссии узлов и станций с участием комиссии путевого хозяйства Научно-технического Совета МПС, июль 1968 г.

---

БТ 01796. Областная книжная типография  
Днепропетровского областного управления по печати,  
г. Днепропетровск, ул. Серова, 7.

Заказ № 2514-м. Тираж 200. Объем 1,5 п. л. Подп. к печ. 24.IX.1968 г.

Сканировала Камянская Н.А.

НЕ  
ДУЖТ