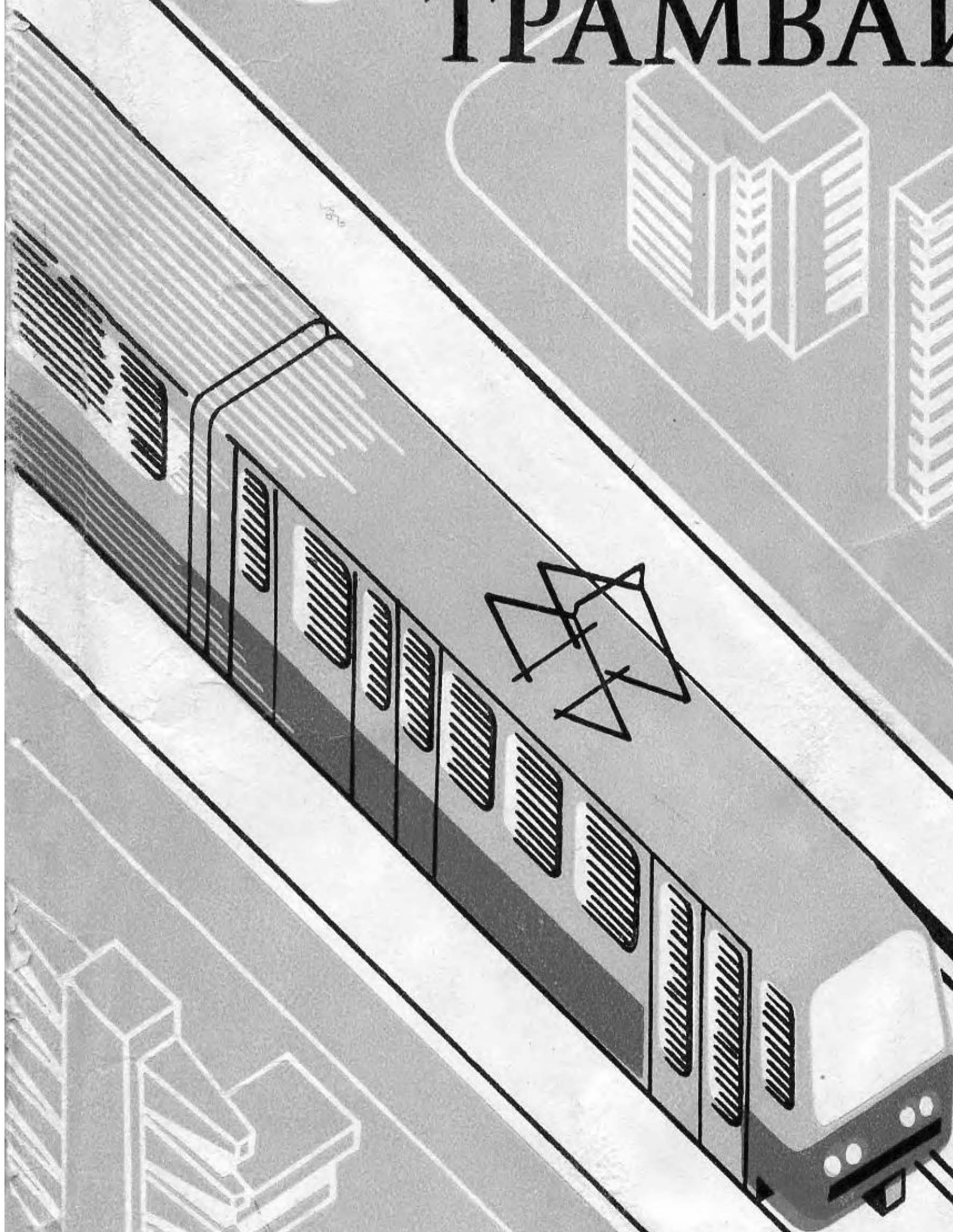


В. В. ХИЦЕНКО

СКОРОСТНОЙ ТРАМВАЙ



В. В. ХИЦЕНКО

СКОРОСТНОЙ ТРАМВАЙ

ЛЕНИНГРАД
СТРОИИЗДАТ, ЛЕНИНГРАДСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ
1976

Научный редактор — д-р техн. наук проф. Д. С. Самойлов.

Печатается по решению секции редакционного совета Ленинградского отделения Стройиздата от 24 апреля 1974 г.

Хиценко В. В. Скоростной трамвай. Л., Стройиздат, Ленингр. отд-ние. 1976. 180 с.

В книге рассматривается проблема обеспечения больших городов удобным общественным пассажирским транспортом. Обобщается отечественный и зарубежный опыт проектирования, строительства и эксплуатации скоростного трамвая — одного из наиболее дешевых и удобных видов транспорта, обладающего высокой скоростью сообщения и большой провозной способностью. Указывается область применения скоростного трамвая и его место в системе городских транспортных сообщений.

Большое внимание в книге уделено конструкциям современного подвижного состава и пути и современным методам строительства тоннелей.

Книга предназначена для инженерно-технических работников проектных и строительных организаций, а также специалистов городского и коммунального хозяйства.

Табл. 25, рис. 67, список лит.: 38 назв.

Степень совершенства транспортной системы города определяется тем, насколько она обеспечивает быстрый и удобный проезд пассажиров, и прежде всего всей работающей части населения, к месту приложения труда. Обеспечение комфортабельных условий поездки пассажиров способствует повышению производительности их труда. Наоборот, чрезмерная длительность поездки (более 1 ч в одну сторону), переполнение подвижного состава, пересадки с ожиданиями из-за несогласованности расписаний, невнимательное отношение к пассажирам и т. п. могут вызвать падение производительности труда на 10%.

Развитие городского и пригородного транспорта должно быть гармонично связано с ростом города и всей агломерации. Между тем нередко наблюдается отставание в развитии транспортных сетей или неиспользование имеющихся резервов, которые могли бы быть реализованы при сравнительно небольшой затрате средств.

Центральный Комитет КПСС и Совет Министров СССР уделяют большое внимание вопросам развития городского транспорта. Во исполнение постановлений правительства министерствами жилищно-коммунального хозяйства РСФСР и других союзных республик намечены направления развития и технического прогресса городского транспорта. Одним из резервов городского транспорта может служить трамвай, значительно усовершенствованный и преобразованный в скоростной.

Прогресс в технике развития пассажирского транспорта и потребность в повышении скорости сообщения в крупных городах затронули также и этот один из старейших видов уличного транспорта и привели к созданию новых трамвайных вагонов — бесшумных, большой емкости, достаточно комфортабельных и способных развивать скорость до 70—80 км/ч при плавном пуске и торможении. Новые трамвайные вагоны снабжены легкими быстроходными двигателями, подвешенными к рамам тележек, резинометаллическими или пневматическими рессорными комплектами и подрезиненными колесами, так что практически неподрессоренными массами остаются только бандажные колеса.

Применение легких металлов позволило существенно снизить массу вагона на 1 м² его площади (и на ось). Трамвайные вагоны, став более совершенными, существенно снизили динамичность воздействия на путь.

Однако, несмотря на возможность развивать при пуске ускорение до 1,3 м/с² (хотя среднее ускорение до выхода на автоматическую характеристику обычно остается около 0,9—1,0 м/с²), максимальной скорости удается достигнуть только на перегонах достаточно большого протяжения (не менее 0,5 км) и только при условии отсутствия помех движению. Поэтому применение даже этих современных вагонов на обычной сети, особенно в старых районах городов, не дает значительного эффекта, так как задержки на перекрестках улиц с интенсивным движением не снизились, а возросли. Эксплуатационная скорость повысилась в среднем с 15 до 16 км/ч; при этом динамические качества вагонов полностью не используются.

В послевоенный период в мировой трамвайной практике появились и успешно эксплуатируются скоростные линии с наземными и подземными участками. Основные отличительные особенности этих линий заключаются в различной (иногда даже полной) степени изоляции полотна от других видов транспорта и в применении быстроходных вагонов. Скоростной трамвай отличается от обычного уличного трамвая повышенной скоростью сообщения и большей провозной способностью. Он может включать как одну скоростную линию достаточного протяжения, так и целую сеть скоростных линий.

Благодаря высокой провозной способности и относительно небольшой стоимости сооружения (по сравнению с метрополитеном) и при наличии в городе, как правило, развитого трамвайного хозяйства (парки, ремонтные базы, обученные кадры и т. п.) скоростной трамвай успешно внедряется во многих городах, отодвигая на ряд лет потребность в метрополитене или дополняя его. В некоторых случаях скоростной трамвай рассматривается как первая стадия строительства метрополитена. Скоростной трамвай существенно отличается от обычного; рассмотрению его особенностей и практике применения посвящена настоящая книга.

СКОРОСТНОЙ ТРАМВАЙ В СИСТЕМЕ ГОРОДСКИХ ПАССАЖИРСКИХ СООБЩЕНИЙ

§ 1. ОСНОВНЫЕ ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СКОРОСТНОГО ТРАМВАЯ

Значение скоростных видов рельсового пассажирского транспорта, в том числе скоростного трамвая для городских и пригородно-городских сообщений, продолжает неуклонно возрастать, что в первую очередь обусловлено ростом численности городского и пригородного населения, увеличением дальности поездок и перенасыщенностью улиц безрельсовым транспортом.

Скоростные виды рельсового транспорта — железнодорожный и метрополитен — являются внеуличными, в то время как скоростной трамвай относится к улично-внеуличному виду. Каждый вид транспорта обладает определенными, присущими ему провозной способностью и скоростью сообщения.

Линии скоростного трамвая вместе с другими видами скоростного транспорта — железнодорожным и (если имеется) метрополитеном — образуют взаимосвязанную, координированную сеть скоростного транспорта города и городской агломерации.

К видам внеуличного скоростного транспорта, с которыми увязываются линии скоростного трамвая, относятся:

электрифицированные железные дороги со скоростным пригородно-городским сообщением (СПГЖД). Пригородно-городское сообщение организуется с использованием глубоких вводов, соединительных линий и железнодорожных диаметров, для чего часто сооружаются 3 и 4 пути;

электрифицированные железные дороги, не оборудованные для городского движения и используемые на головных участках для пригородного сообщения (ПЖД);

пригородно-городской метрополитен (ПГМ), к которому относятся скоростные системы типа BART (метрополитен в г. Сан-Франциско), предназначенные для пассажирских сообщений в агломерации;

метрополитен — городской скоростной внеуличный вид транспорта (М), отличительными особенностями которого являются устройство пути преимущественно в тоннелях, токо́сьем от третьего, контактного, рельса и высокие платформы в уровне с полом вагонов;

городские железные дороги (ГЖД), иногда также называемые метрополитеном, но отличающиеся от последнего системой токосъема, который осуществляется от контактного провода, а также наличием большого протяжения наземных участков. ГЖД могут быть названы метрополитеном II типа: они уступают метрополитеу по провозной способности, но обладают рядом существенных преимуществ, благодаря которым получают в настоящее время большое распространение.

Под скоростным трамваем понимается определенное сочетание применения быстроходных, большой емкости трамвайных вагонов (одиночных или поездов) и линий, в необходимой степени изолированных от уличного движения и имеющих кривые больших радиусов и достаточно удаленные друг от друга остановочные пункты, что в целом обеспечивает высокую скорость сообщения и, при необходимости, большую провозную способность.

Под скоростной линией трамвая (СЛТ) понимается линия достаточно большого протяжения, имеющая соответствующие параметры, позволяющие осуществлять движение поездов, одновагонных или составленных из нескольких современных трамвайных вагонов, с высокой скоростью сообщения.

Именно высокая скорость сообщения, достигаемая на СЛТ благодаря комплексу технических и организационных мероприятий, а не наличие подземных (тоннельных) участков или развязок в разных уровнях является критерием для отнесения линии трамвая к разряду скоростных.

Большой диапазон скоростей сообщения, имеющий место на разных СЛТ, и разнообразие в устройстве и эксплуатации дают основание для деления их на две скоростные категории, а также на подвиды, в зависимости от назначения линии, ее перспективного развития, устройства полотна и организации движения.

К скоростным линиям трамвая I категории относятся линии со скоростью сообщения 30—35 км/ч, а ко II категории — линии со скоростью 25—30 км/ч*.

Подземные (тоннельные) участки трамвая нередко практикуются в центральных частях городов старой застройки с узкими кривыми улицами. Трамваев, поезда которых на всем протяжении маршрута проходили бы под землей или на эстакаде, не существует. Обычно только 10—15% протяжения трамвайного маршрута приходится на подземные участки, если они вообще имеются на трассе.

Если за пределами подземного участка полотно линии изолировано от безрельсового транспорта и на линии организовано скоростное движение, то подземный участок принадлежит

* На обычных внутригородских линиях скорость сообщения равна 15—20 км/ч, а на вылетных 20—25 км/ч.

к СЛТ; в противном случае это подземный участок обычной линии трамвая.

Скоростной трамвай с подземными участками и полностью изолированным от уличного движения полотном иногда называют метротрамваем [6]. Подземные участки скоростных или обычных линий трамвая принято называть подземным трамваем*. В связи с этим у входов на подземные станции трамвая устанавливаются указатели, как для метрополитена, с буквами М или U.

Преметрополитеном (предметрополитеном, Pré-métro) называются подземные участки трамвая, сооруженные по габаритам метрополитена данной страны, под нагрузки его поездов и по техническим условиям метрополитена (главным образом кривых участков) с условием, что в течение ближайших 20—30 лет они будут переоборудованы и образуют части линий метрополитена. Строительство преметрополитена или подземных участков трамвая при этом условии рассматривается в качестве первой стадии строительства метрополитена или городской железной дороги (ГЖД). Способ стадийного строительства метрополитена и решения транспортной проблемы по мере необходимости, по зарубежным данным, требует меньших единовременных затрат и является экономичным. Преметрополитены сооружаются в СССР — в Волгограде, Кривом Роге, Ереване, в ФРГ — в Ганновере и Эссене, в Бельгии — в Брюсселе и Антверпене и др. Нередко в зарубежной практике сообщается о сооружении в городе метрополитена, растягиваемого на много лет. Поэтому в тоннелях, построенных на отдельных участках линий, на длительный период организуется скоростное трамвайное сообщение, т. е. создается преметрополитен.

Полуметрополитеном (Demi-métro, Semi-métro) называются подземные или эстакадные участки трамваев, сооруженные без учета габарита метрополитена или железной дороги, т. е. без перспективы их переустройства в метрополитен. В этих случаях метрополитен или другие скоростные системы сообщения развиваются независимо от полуметрополитена (Сан-Франциско, Бостон и др.) или же предполагается, что вопрос о переустройстве трамвая в метрополитен в течение ближайших 20—30 лет не возникнет.

Как отмечалось, на СЛТ все же преобладает расположение путей на собственном и обособленном (отделенном от проезжей части улицы) полотне. Тоннели или эстакады применяются далеко не всегда, а если сооружаются, то их стараются сделать возможно меньшего протяжения из-за их высокой стоимости по сравнению с наземными участками.

* В технической литературе иногда встречается термин Ustrab (Unterpfasterstraßenbahn), означающий «трамвай под дорожным покрытием».

Развязки в разных уровнях СЛТ с другими видами транспорта полагается устраивать на всем протяжении СЛТ. Однако при малой интенсивности движения пересекающего безрельсового транспорта, на периферии города, допускаются переезды через СЛТ в одном уровне, с применением автоматических шлагбаумов и сигнализации.

Также в порядке исключения в отдельных, крайне редких случаях на трассе СЛТ встречаются незначительные по протяженности участки на общем полотне улицы, где пути имеют дорожное покрытие, по которому может происходить движение автомобильного транспорта. Такие участки сохраняются или вследствие непреодолимых технических трудностей, или для более удобной доставки (развозки) пассажиров к местам работы (Каир).

Благодаря тому, что на трассе одной СЛТ могут встречаться в разной последовательности тоннели, эстакады и участки пути на изолированном собственном или обособленном полотне или неизолированном совмещенном полотне улиц, скоростной трамвай относится к улично-внеуличному виду транспорта, как отмечалось выше.

Скоростным трамвайным маршрутом называется такой, у которого скорость сообщения находится в пределах, указанных выше. Скоростной трамвай начинает создаваться, а СЛТ сооружаться обычно на базе развитого трамвайного хозяйства. Благодаря этому маршруты на обычных и скоростных линиях образуют единую систему.

В практике применения скоростного трамвая для обеспечения возможно большего числа беспересадочных сообщений часто встречаются случаи выхода маршрутов с СЛТ на сеть обычного трамвая (например, в Ленинграде маршруты № 4 и 36, в Киеве № 17, 18, в Волгограде № 8, в Кельне № 3, 9, 12 и др.). Отнесение этих маршрутов к скоростным возможно при скорости сообщения на маршруте более 25 км/ч; при этом важно отношение протяжений частей маршрутов, приходящихся на скоростную линию и сеть обычного трамвая.

Ряд линий СЛТ, разветвляющихся или пересекающихся, может образовывать сеть скоростного трамвая. Имеются города, в которых при скоординированной маршрутной системе в центре города функционируют две сети: подземная — скоростного трамвая (преметрополитен) и наземная — обычного трамвая (Брюссель, Кельн и др.). В некоторых случаях высокая эффективность скоростного трамвая привела к полной ликвидации сети обычного, уличного трамвая (Бостон). В городах некоторых стран эксплуатируются две независимые системы трамвая: скоростного и обычного (Каир, Александрия). Сопоставление основных характеристик видов городского рельсового транспорта со скоростным трамваем приведено в табл. 1.

Основные характеристики видов городского рельсового транспорта

Виды рельсового транспорта	Подвиды городского транспорта	Характеристика вида транспорта по расположению относительно улиц	Наиболее распространенная трассировка		Пересечение наземных участков в одном уровне с безрельсовым транспортом
			в центре города старой застройкой	в новых районах населенными пунктами	
Электрифицированный железнодорожный	СПГЖД	Внеуличный	Тоннель, эстакада, насыпь, выемка	Собственное полотно, насыпь, выемка	Допускаются с блокировкой и сигнализацией при незначительной интенсивности уличного движения
	Метрополитен	То же	Тоннель	Тоннель, эстакада, насыпь, выемка	Исключены
	Городские железные дороги	То же	То же	Собственное полотно, насыпь, выемка	Допускаются с блокировкой и сигнализацией при незначительной интенсивности уличного движения
Скоростной трамвай	Преметрополитен	Улично-внесуличный	То же	Обособленное полотно	Допускается со светофорной сигнализацией
	Скоростной трамвай с подземными и эстакадными участками. Полуметрополитен	То же	Тоннель или эстакада	То же	То же
Обычный трамвай	Наземный скоростной трамвай	То же	Не устраивается	Обособленное	То же
	Ускоренные вылетные линии	Уличный	Нет	То же	Устраивается по типу уличных перекрестков
	Уличный трамвай	То же	На улице с дорожным покрытием	В уровне с проезжей частью или на обособленном полотне	То же

Продолжение табл. 1

Виды рельсового транспорта	Подвиды городского транспорта	Посадочные платформы	Токосъем	Тип подвижного состава	Ступени при выходе	Основные средства сигнализации и связи
Электрифицированный железнодорожный метрополитен	СПГЖД	Высокие *	От контактного провода **	Железнодорожный. Выход возможен в обе стороны	Отсутствуют или одна	Автоблокировка
	Метрополитен	Высокие	От контактного рельса	Метрополитен. Выход возможен в обе стороны	Отсутствуют	То же
Скоростной трамвай	Городские железные дороги	Высокие. На наземных участках иногда низкие	От контактного провода ***	Метрополитен и метро — трамвай	Отсутствуют или выдвижные ступеньки	То же
	Преметрополитен	На подземных станциях высокие или низкие, на наземных станциях низкие	То же	Трамвайный. Односторонний	Три или одна (комбинированная конструкция)	В тоннельных участках световорная сигнализация и упороченная блокировка
	Скоростной трамвай с подземными и эстакадными участками. Полуметрополитен	Низкие	То же	То же	Три	То же
Обычный трамвай	Наземный скоростной трамвай	То же	То же	То же	То же	Прямая видимость
	Ускоренные вылетные линии	То же	То же	То же	То же	То же
	Уличный трамвай	Низкие или отсутствуют	То же	То же	То же	То же

* На уровне пола вагона или с одной ступенькой.

** За исключением СПГЖД Гамбурга, имеющих токосъем от контактного рельса.

*** В отдельных случаях проектируется комбинированный токосъем в тоннелях от контактного рельса и на наземных участках от контактного провода.

Основным характерным технико-экономическим показателем скоростного трамвая является его скорость сообщения. Скорость сообщения при одинаковом подвижном составе в значительной степени зависит от помех движению, от возможных задержек перед пересечениями (если таковые имеются) и от расстояний между остановками. В тоннелях обычно скорость движения бывает несколько ниже, чем на наземных участках.

Зависимость скорости сообщения от расстояния между остановками при отсутствии задержек на линии скоростного трамвая приведена в табл. 2.

Таблица 2

Скорость сообщения в зависимости от расстояния между остановками

Расстояние между остановками, км		Скорость сообщения, км/ч	
в центральных городских районах старой застройки	в новых районах и пригородах	в центральных районах старой застройки	в новых районах и пригородах
0,5 *	—	20	—
0,8	0,8	25	26 ***
—	1,0	—	30
—	1,2	—	32
—	1,5	—	35
—	2,0 **	—	38

* В тоннельных участках с блокировкой и сигнализацией.

** В редких случаях встречаются расстояния более 2,0 км (Ленинград).

*** При вагонах с современными характеристиками.

Провозная способность скоростного трамвая зависит от частоты движения и вместимости поездов (табл. 3).

Для сопоставления скоростного трамвая с более мощными видами рельсового транспорта в табл. 4 приведены средние значения скорости сообщения и в табл. 5 — провозная способность пригородно-городских железных дорог и метрополитена.

Основными преимуществами скоростного трамвая являются: низкая сравнительно с метрополитеном стоимость сооружения (табл. 6) *;

значительное снижение первоначальных затрат при строительстве скоростного трамвая на базе развитого и хорошо оснащенного трамвайного хозяйства.

Существенным преимуществом перед метрополитеном является возможность постепенного ввода линии в эксплуатацию отдельными участками.

* Стоимость строительства наземной линии скоростного трамвая существенно зависит от наличия путепроводов.

Таблица 3

Провозная способность скоростного и обычного трамвая

Трамвай	Минимальный интервал, с		Наибольшее число поездов в 1 ч		Число четырехвагонов в поезде	Длина поезда, м	Число пассажиров в поезде ***	Провозная способность в одном направлении, тыс. пас./ч	
	А*	Б**	А	Б				А	Б
Скоростной	45	55	80	65	1	15	120	10	8
	50	60	70	60	2	31	240	17	14
	70	90	50	40	4****	62	480	24	19
	90	120	40	30	6*****	93	720	29	22
Обычный	—	50—60	—	60—70	2	31	240	—	10—15

* А — с блокировкой и сигнализацией в тоннельных участках.

** Б — на наземных участках, при прямой видимости.

*** При пяти стоящих пассажирах на 1 м² свободной площади салона (не занятой диванами), равномерно рассредоточенных по всему поезду.

**** Или два шестиосных вагона.

***** Или два восьмиосных вагона.

Таблица 4

Скорости сообщения смежных видов транспорта

Вид транспорта	Расстояния между станциями, км		Скорость сообщения, км/ч	
	С*	Н**	С	Н
Пригородно-городские железные дороги	0,5—2	2—3	30—40	40—60
Метрополитен	0,5—1,5	1—2	35—40	40—50

* С — в центральных городских районах старой застройки.

** Н — в новых районах и пригородах.

Протяженность скоростной линии или ее оборудование (в том числе сооружение путепроводов) могут постепенно возрастать и соответственно повышаться категория линии и ее технические и экономические показатели. Широко практикуется применение временных рамп, позволяющих без перерывов эксплуатировать линии скоростного трамвая, по трассе которых в одном или нескольких местах уже имеются хотя бы небольшие по протяженности тоннельные участки, в этих случаях, как правило, удлиняемые.

Линия же метрополитена вводится в эксплуатацию только при полном завершении всех работ.

Таблица 5

Провозная способность пригородных железных дорог и метрополитена

Вид транспорта	Минималь- ный интер- вал, с	Наибольшее число поез- дов в 1 ч	Тип и число четырёхосных вагонов в поезде	Длина поезда, м	Число пас- сажиров в поезде *	Провозная способность в одном на- правлении, тыс. пас./ч
Пригородно-го- родские железные дороги	100 240	36** 15***	ЭР2-10 ЭР22-8 или	200	2300****	72
Метрополитен	90	40	Е-4 Е-8	77 154	720 1440	29 58

* При пяти стоящих пассажирах на 1 м² площади салона, не занятой диванами.

** При автоматическом управлении движением.

*** При трехзначной блокировке.

**** В том числе 1000 сидящих и 1000 стоящих пассажиров.

Таблица 6

Сравнение стоимостей сооружений линий скоростного трамвая и метрополитена

Вид транспорта	Наземные участки или тоннели	Строительная стоимость 1 км двойного пути, включая станции, млн. руб.	Примечания
Скоростной трам- вай	Наземные участки Тоннели мелкого заложения	0,7—2,0 0,8—9,0*	По данным Гипро- коммундортранс
Метрополитен	То же Тоннели глубокого заложения	8,5—9,0 13,0—15,0	По данным НИИ Генплана Москвы

* Без станционных комплексов 7,0—7,5 млн. руб.

Кроме строительных преимуществ перед другими видами транспорта, скоростной трамвай обладает также эксплуатационными преимуществами. Пассажирам предоставляется возможность комфортабельного проезда и обеспечивается экономия времени при поездке (включая пешие подходы) благодаря:

- высокой скорости сообщения;
- большой частоте и регулярности движения;
- меньшей пересадочности и высокому маршрутному коэффициенту;
- меньшему расстоянию пешего подхода до станции.

Для пассажиров весьма важным является снижение дальности пеших подходов к остановочным пунктам (т. е. большая плотность сети и остановочных пунктов) и уменьшение потерь времени на пересадку (т. е. большее число прямых маршрутов). Скоростной трамвай особенно эффективен в тех случаях, когда суммарная затрата времени на всю поездку не превышает 40 мин. Для городского хозяйства преимущества скоростного трамвая весьма велики благодаря освоению большого пассажирооборота при низкой стоимости эксплуатации.

§ 2. РАЗВИТИЕ ГОРОДОВ И РОСТ ПАССАЖИРСКИХ ПЕРЕВОЗОК

Общественное развитие в двадцатом столетии тесно связано с научно-технической революцией, создающей предпосылки в размещении производительных сил в стране, в урбанизации населения, влекущей увеличение потребности в городском транспорте. Городское население растет за счет естественного прироста (чему способствует также увеличение продолжительности жизни людей), преобразования сельских поселений в городские, присоединения пригородов к городам и миграции сельского населения в города. По данным комиссии населения Экономического и социального совета ООН, рост численности городского населения, фактический и прогнозируемый, наблюдается на всех континентах, причем весьма интенсивный — в СССР. В настоящее время больше половины населения СССР живет в городах, а к 2000 г. доля городского населения еще более возрастет и составит около 85%.

В связи с особенно интенсивным ростом больших городов транспортные проблемы приобретают для них еще более важное значение*. Большие города (в том числе центральные города агломераций) разделены на пять групп: к I группе отнесены города с населением 4—10 млн. человек (города-гиганты), ко II — с населением 1—4 млн. человек, к III — с населением 0,4—1 млн. человек, к IV — от 100 до 400 тыс. человек и к V — с населением менее 100 тыс. человек. Вопросы развития скоростного трамвая рассмотрены преимущественно для городов, отнесенных к I, II и III группам.

Значительный рост городского населения в СССР связан с практической деятельностью советского общества, его участием в научно-технической революции. Города при этом почти всегда играют роль аккумуляторов достижений цивилизации. При общем росте численности городского населения в СССР происходит его концентрация в больших городах, подтверждаемая результатами Всесоюзной переписи населения; в городах

* По данным той же комиссии ООН, за 1920—1960 гг. население особенно увеличилось в больших городах (в городах I группы в 5 раз, II — в 3—4 раза, III и IV — в 3 раза и в V — в 2—3 раза).

с населением свыше 100 тыс. жителей в 1970 г. проживало 56 % городского населения страны. Рост больших городов в СССР приведен в табл. 7.

Увеличение числа больших городов СССР

Таблица 7

Группы городов		Число городов в группах по годам					
группа	с населением, млн. чел.	1926	1931	1939	1959	1971	1975
I	Более 4	—	—	—	1	2	2
II	1—4	2	2	2	2	8	11
III	0,4—1	4	6	13	29	35	Н*

* Не уточнено.

При общем росте населения в больших городах увеличиваются селитебные территории, строятся новые жилые районы, присоединяются пригороды и в отдельных случаях происходит даже слияние с соседними городами.

Таким образом, увеличение городских территорий обусловлено преимущественно расширением селитебной части (поскольку деловые и промышленные районы в существующих городах, как правило, сохраняются в старых границах), и оно стало возможным благодаря прогрессу транспорта.

В связи с ростом больших городов и происходившими значительными изменениями в расселении наблюдается разуплотнение «ядра» города, т. е. его центральных районов, за счет переселения в новые районы и пригороды. Если в больших городах СССР переселению населения способствует реализация больших планов жилищного строительства, существенно улучшающая жилищные условия трудящихся, то в капиталистических странах переселение из центра старых городов в близкие и далекие пригороды вызывается в основном дороговизной квартир, шумом и загрязненностью воздушного бассейна, а также приобретением личных автомашин. В наших городах выезд из центров старых городов обусловлен недостаточностью жилплощади в центре и большей комфортабельностью квартир в новых районах.

Расселение некоторой части жителей больших городов в ближайших и далеких пригородах, начавшееся уже давно, по мере роста городов интенсифицируется. Характерными направлениями расселения в пригородах являются полосы вдоль железнодорожных линий (из них 70 % в полосе не далее 2 км от линии), а в странах с большей автомобилизацией — полосы вдоль автомобильных дорог.

С той же целью улучшения жилищных условий для части населения крупных промышленных центров сооружаются города-спутники (сателлиты). В некоторых случаях города-спутники создаются таким образом, что часть их трудящегося населения привлекается к работе на предприятиях и в учреждениях самого спутника, а в других случаях города-спутники используются только как города-«спальни».

Большие города с окружающими поселками и городами-спутниками представляют собой агломерации, население которых обычно в 1,5—2,5 раза превышает население центрального города, например население Нью-Йорка в административных границах 8 млн. человек, а всей агломерации 14, Вашингтона — соответственно 0,8 и 2, Токио — 9 и 18, Манилы — 1,3 и 4,3 и т. д. При этом в пригородах население растет быстрее, чем в центральном городе.

Для современных больших городов, являющихся центрами агломераций, все больше становится разница между постоянным населением и числом работающих в них. За последние 20 лет население Москвы увеличилось в 1,2 раза, а тяготеющих к ней пригородов — в 1,9 раза, Горького — в 2,3 раза, а в агломерации — почти в 6 раз.

Число трудящихся, ежедневно приезжающих в город на работу, продолжает возрастать также почти во всех западноевропейских странах.

Транспортная подвижность населения в больших городах всегда больше, чем населения средних и малых городов.

Прогнозы увеличения объема перевозок городским и пригородным транспортом составляются на основе изучения транспортной подвижности населения, которая, по исследованиям А. Х. Зильберталя [2], М. С. Фишельсона [4], Д. С. Самойлова [5] и других, довольно устойчиво возрастает по мере роста города, и для расчета объемов перевозок ее можно принимать по табл. 8.

Таблица 8

Транспортная подвижность населения больших городов

Группы городов	При населении города, млн. чел.	Число поездок в год
III	0,4—1	500—600
II	1—4	550—750
I	4—10	600—1000

Тенденция роста подвижности населения связана также с возрастанием поездок с культурно-бытовыми целями и увеличением парка личных автомобилей. Стабилизация транспортной

подвижности, видимо, будет достигнута при полном обеспечении населения беспересадочными сообщениями и возможностью легкого обмена жилплощадью; следствием этого явится снижение числа поездок членов семьи на работу.

Дальность поездок в город и по нему также возрастает с ростом территории города и расселения в пригородах; определена зависимость дальности поездок от фактического расселения [1], от размеров и конфигурации территории города [2], от видов транспорта и скорости сообщения [3, 4].

Для ориентации в порядке величин дальности поездок в больших городах можно считать, что она для городов I группы находится в пределах от 6,5 до 9,5 км, II группы — от 4 до 7, III — от 3 до 6, IV — от 2 до 3,5 и V группы — от 1,5 до 2,5 км.

С ростом городов, увеличением подвижности населения и дальности поездок значительно возросла работа транспорта.

Социальное и промышленное развитие Советского Союза в период научно-технической революции и сопутствующей ей урбанизации привели к невиданному ранее увеличению перевозок населения. За последнее десятилетие число пассажирских перевозок на городском общественном транспорте увеличилось на 15 млрд. пассажиров в год.

В настоящее время в 2000 городах СССР ежегодно перевозится более 42 млрд. пассажиров, но они распределяются по городам крайне неравномерно (табл. 9). По расчетам ЦНИИП градостроительства, число пассажиров на городском общественном транспорте к 1980 г. возрастет до 65 млрд.

Т а б л и ц а 9

Распределение пассажиров, перевезенных городским транспортом в 1970 г., по городам СССР различной величины (по группам)

Группы городов	Население в городе, млн. чел.	Число городов в группе		Перевезено пассажиров по группам городов		Число пассажиров, приходящееся на один город группы, млрд. пас.
		абс.	%	млрд. пас.	%	
I	4—10	2	0,1	6,7	17	Москва — 4,2 Ленинград — 2,5
II	1—4	8	0,4	3,8	9	0,48
III (часть городов)	0,5—1	23	1,2	6,7	17	0,29
I—III	Более 0,5	33	1,7	17,2	43	—
IV—V	Менее 0,5	Около 1970	98,3	22,8	57	0,012
Итого	—	Около 2000	100	40	100	—

В больших городах концентрируется большая часть перевозок; только на два города-гиганта (Москва и Ленинград)

приходится 17% всех пассажирских перевозок, на 8 городов с населением более 1 млн. человек — 9% и на города с населением 0,5—1 млн. человек — 17%. Таким образом, почти половина всех пассажирских перевозок в стране сконцентрирована в небольшом числе городов. Такая концентрация перевозок в больших городах СССР вполне соответствует размещению городского населения; в упомянутых 35 городах (табл. 9) проживает четвертая часть городского населения страны.

Вследствие увеличения дальности поездок еще более интенсивно возрастает пассажирооборот на всех видах городского и пригородного транспорта, приближающийся в настоящее время в СССР к 300 млрд. пассажиро-километров в год. На увеличение пассажирооборота, кроме дальности, существенно влияет увеличивающаяся подвижность населения, стимулируемая (кроме трудовых целей) сокращением рабочей недели, развитием науки, культуры, здравоохранения, общественной деятельности.

Одновременно с увеличением работы пассажирского транспорта в больших городах во многих случаях наблюдается увеличение затрат времени на перемещения вследствие недостаточной плотности транспортных сетей, увеличения средней дальности поездки и недостаточно высокой скорости сообщения на наземных видах транспорта.

На основе выборочных обследований, проводившихся в СССР Институтом комплексных транспортных проблем при Госплане СССР, установлено, что время, затрачиваемое на поездку на работу, колеблется в широких пределах [9, 10] и в ряде случаев превышает 2 ч (табл. 10).

Таблица 10

Затраты времени на трудовые поездки

Группы городов	Не пользуются городским транспортом, %	Процентное распределение по затратам времени на поездку к месту работы		
		до 1 ч	1—2 ч	более 2 ч
I	21	32,4	34,3	12,3
II и III	22	Около 56	16	6
IV	25	Около 62	11	2
V	26	65	8	1

Примечание. В первую строку вошла только Москва.

Анализ данных обследований показывает, что в городах IV и V групп на трудовую поездку затрачивается в среднем 36—42 мин, в городах II и III групп — 52 мин; в Москве жите-

лями старых районов — 40—50 мин, а новых жилых районов — 75 мин.

Повышенные затраты времени на трудовые поездки значительно превысили нормативы СНиПа (40 мин в городах I—IV групп и 30 мин в городах V группы).

Таким образом, быстрый рост городских территорий, вызвавший увеличение транспортной подвижности населения, и соответствующий рост дальности поездок, при некотором отставании в развитии пассажирского транспорта и неизменности бюджета времени, привели в больших городах к необходимости организации скоростных сообщений.

§ 3. ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ СКОРОСТНОГО ТРАМВАЯ

Отечественные специалисты всегда считали, что транспортная проблема в большом городе и, тем более, в городской агломерации решается общественным транспортом, в котором гармонично сочетаются его виды: внеуличный, скоростной — с большой провозной способностью для больших расстояний и уличный — для дальности поездок до 5—6 км.

Казалось, что в капиталистических странах автомобилизация населения решит вопрос быстрого сообщения «от двери до двери» из жилых районов города, а также близких и далеких пригородов к месту приложения труда и для деловых и прочих поездок в центральные районы города.

Рост числа личных автомобилей у жителей агломераций в капиталистических странах вначале (при не более чем 100 машинах на 1000 жителей) создал бесспорные удобства для владельцев машин, обеспечив им быстрое сообщение с местами приложения труда. Однако дальнейший безудержный рост числа автомашин, достигший в некоторых городах капиталистических стран 400—550 машин на 1000 жителей, несмотря на внедрение новейших систем автоматизации управления движением транспортного потока, привел к транспортному параличу, выразившемуся в задержках движения и снижении скорости в городе до 4—6 км/ч.

Сооружение городских автострад с многоярусными развязками, реконструкция старых и пробивка новых лиц, строительство многоэтажных гаражей и стоянок (в том числе подземных) потребовали выделения в центрах городов большой территории и больших затрат, но транспортную проблему не решили. Сейчас специалистами признано, что без массового (общественного) скоростного рельсового транспорта решение транспортной проблемы современного крупного города невозможно. Одним из основных аргументов такого вывода является низкий коэффициент использования городских дорог, автомагистралей и сооружений легковыми автомобилями по числу перевозимых пассажиров (1,5 человека на автомобиль) при весьма большой ис-

пользуемой «динамической» площади занятия дорог (более 120 м² одним автомобилем).

За последние годы в США, ФРГ и некоторых других капиталистических странах принят ряд важных законов, определяющих необходимость и основные направления развития городского пассажирского транспорта общего пользования. Проектируются, сооружаются, а кое-где вводятся в эксплуатацию весьма дорогостоящие скоростные системы пригородно-городского метрополитена (ПГМ) типа BART в Сан-Франциско, PATCO в Филадельфии, WMATA в Вашингтоне, MBTA в Бостоне и др. Для проживающих в пригородах с низкой плотностью застройки, вдали от станций ПГМ предусматривается организация автостоянок у станции ПГМ. При этом личные автомобили используются по системе «паркирования и движения» (Park and ride), при которой они не попадают в центр города и ожидают владельцев у станции ПГМ.

В больших городах СССР при плановом регулировании автомобилизации наряду с мерами, принимаемыми для облегчения движения и стоянок автомобилей (автомагистрали, развязки, гаражи), основное внимание и большая часть средств направляются на развитие скоростного общественного транспорта.

При усовершенствовании существующей или разработке новой транспортной системы проектировщики стремятся обеспечить:

- высокую плотность сети общественного транспорта, высокую скорость сообщения, необходимую провозную способность (и возможность ее повышения в часы пик), высокую частоту и регулярность движения;

- удобное расположение трасс и посадочных или пересадочных пунктов;

- низкие эксплуатационные расходы (малый расход энергии, малая численность персонала, высокая износоустойчивость) и удельные капиталовложения;

- безопасность для пассажиров, полную надежность эксплуатации, комфортабельность перевозок;

- защиту пассажиров от погодных воздействий, шума и вибрации, защиту окружающей среды от шума, загрязнений и сотрясений;

- гармоничное вписывание транспортных сооружений, подвижного состава в архитектурный ансамбль города и возможность переноса трассы в будущем без чрезмерных затрат, если в этом возникнет необходимость.

Проектирование и строительство линий скоростного пассажирского транспорта, СПГЖД, М и СЛТ осуществляются на основе генеральных планов развития городов и комплексных схем развития их транспорта. Последние разрабатываются на основе исследований подвижности населения, определения пассажирских потоков методом взаимных корреспонденций [5] и

распределения их по существующим или намечаемым трассам скоростного транспорта.

Проекты строительства (или реконструкции) линий скоростного транспорта составляются на основе методических указаний ЦНИИП градостроительства [8]. Рациональность направления новой линии должна подтверждаться расчетной величиной сосредоточенного пассажиропотока в час пик при определенной дальности поездки.

Железные дороги СССР, перевозящие значительную часть пригородных пассажиров, число которых в 1970 г. составило 2780 млн. человек, или 97,5% общего числа пассажиров, используются также и для участия в чисто городских перевозках. Этому способствуют головные участки линий, оказавшиеся в большинстве случаев глубокими вводами в крупные города благодаря расширению их территорий.

Дальнейшее вовлечение подчиненных Министерству путей сообщения железных дорог в городские и пригородные пассажирские перевозки в крупных городах и агломерациях является закономерным и неизбежным. Во многих случаях для этого необходимо сооружение железнодорожных диаметров.

Железнодорожные диаметры и соединительные линии в зарубежной практике обычно связывают два тупиковых вокзала, расположенных на расстоянии 4—8 км; при этом на соединительной линии сооружаются подземные станции (как правило, используемые также для пересадки на метрополитен). За пределами города с обеих их сторон соединительные линии объединяют до 15 пригородных линий, что позволяет поднять маршрутный коэффициент.

Широкое применение в городских агломерациях СССР железнодорожных линий, объединенных в один или несколько диаметров, проходящих через ядро крупного города, позволит создать систему СПГЖД (скоростных пригородно-городских железных дорог), остающихся в ведении МПС для городского и пригородного сообщения.

Длины перегонов на линиях СПГЖД в пригородной зоне обычные — 2—3 км, а в пределах города — 0,5—1 км (например, на СПГЖД в Мюнхене эти длины равны 0,48; 0,74; 0,75; 0,94 км).

Привлечение железных дорог для городских сообщений быстро внедряется в ряде зарубежных стран; в ФРГ в 1967 г. по этому вопросу было принято специальное правительственное постановление.

Метрополитен (М) интенсивно развивается в городах с населением более 1,0 млн. человек при наличии в часы пик в одном направлении на наиболее загруженных участках сосредоточенных пассажиропотоков свыше 25 тыс. человек.

В настоящее время число эксплуатируемых метрополитенов в мире приближается к 50. Особо интенсивно ведется строительство метрополитенов в больших городах СССР. В настоящее

Время в нашей стране действует шесть метрополитенов (в Москве, Ленинграде, Киеве, Тбилиси, Баку и Харькове), сооружается метрополитен в Ташкенте, проектируется в Горьком, Свердловске, Минске, планируется для Новосибирска, Куйбышева, Днепропетровска, Риги и др.

В то же время упомянутое выше опережение жилищного строительства и возрастание потребности в скоростных видах транспорта привели к необходимости широкого применения скоростного трамвая.

Область рационального применения скоростного трамвая в современных больших городах и городских агломерациях весьма обширна. Скоростной трамвай может использоваться в качестве основного вида транспорта: для внутригородских перевозок, для связи центра города и промышленных зон с новыми крупными жилыми районами или городами-спутниками, для межгородских и межселенных сообщений по урбанизированной территории.

В качестве вспомогательного вида транспорта скоростной трамвай может использоваться для подвозки пассажиров к станциям метрополитена или железной дороги.

В качестве вида транспорта, осваивающего массовые перевозки, скоростной трамвай рекомендуется применять при наличии сосредоточенных пассажиропотоков в пределах 12—25 тыс. человек в час пик в одном направлении на самом загруженном перегоне. При более мощных пассажиропотоках, которые, как правило, имеют место в городах с населением более 1 млн. человек, рекомендуется переходить к метрополитену.

Протяженность СЛТ, предназначенных для поездок из центра города или от станции метрополитена или железной дороги в новые районы, ограничивается определенными условиями: если расстояние очень велико, то поездка по СЛТ будет занимать слишком много времени и применение трамвая вследствие этого нецелесообразно — необходим более скоростной транспорт; если же расстояние мало, то практически исчезает или очень снижается выигрыш во времени по сравнению с обычным уличным транспортом. При допустимой затрате времени на поездку на работу 40 мин (без учета накладного времени) длина СЛТ равна 20 км.

Наибольшая длина подвозящей СЛТ рассчитывается с учетом времени, затрачиваемого на поездку метрополитеном. Если принять время поездки метрополитеном и пересадки равным 20 мин, то рациональное протяжение СЛТ составит 10 км. Протяжение СЛТ не ограничивается только при условии, что она является линией основного транспорта и пассажирообмен происходит более или менее равномерно по всей ее длине. Наименьшая длина СЛТ и эффективность реконструкции существующей обычной линии в скоростную зависят от выигрыша во времени. Разница во времени на поездку (без учета накладного

времени) при длине СЛТ 5 км составляет не более 10 мин. Экономия времени становится ощутимой при поездках на 10 км (20 мин) и более.

Скоростной трамвай, создаваемый на базе действующего трамвайного хозяйства, позволяет быстро и с относительно небольшими затратами осуществлять массовые перевозки с высокой скоростью сообщения. В СССР и за рубежом трамвайный транспорт экономически эффективен при наличии развитой сети в городах с населением более 300—500 тыс. жителей. Таких городов в СССР достаточно большое количество (табл. 11).

Таблица 11

Трамвайные предприятия в городах различной величины

Группы городов	Число городов в СССР		
	всего	с трамвайными предприятиями	
		абс.	%
I	2	2	100
II	8	8	100
III	35	34	97
IV	176	67	38

Применение скоростного трамвая целесообразно рекомендовать в первую очередь в городах I, II и III групп. Практикой применения скоростного трамвая не установлена верхняя граница его применимости в зависимости от величины города. Однако роль скоростного трамвая различна в зависимости от наличия других видов скоростного транспорта.

В городах I и II групп с развитыми сетями метрополитена и железных дорог (с пригородно-городским сообщением) СЛТ сооружаются в качестве подвозящего или распределяющего транспорта в секторах между линиями железных дорог и метрополитена для осуществления массовых перевозок в новые жилые районы и пригороды (табл. 12, рис. 1).

В первом случае СЛТ прокладываются чаще в продолжение линии метрополитена от ее конечной станции, во втором — от промежуточных (и конечных) станций метрополитена или железной дороги.

В городах II и III групп, в которых еще отсутствует, но уже проектируется метрополитен, СЛТ в течение нескольких десятилетий могут являться основным видом транспорта. В этих городах скоростной трамвай на некоторый период может отсрочить строительство метрополитена, являясь переходным к метрополитену или ГЖД видом транспорта и позволяя осуществлять сооружение линий метрополитена стадийным методом, который весьма перспективен и эффективен в тех случаях, когда пассажиропотока, необходимого для полной загрузки метрополитена,

Область применения скоростного трамвая в больших городах

Группы городов	Наличие смежных видов скоростного рельсового транспорта	Строка	Применение скоростного трамвая
I	Пригородно-городской или городской метрополитен. СПГЖД или диаметры и глубокие вводы с пригородно-городским сообщением	А	В центральных районах старой застройки — не применяется В новых жилых районах — подвозочный к станциям М и СПГЖД * В пригородах — подвозочный к станциям ПМ и СПГЖД *
II	М — одна-две линии; ПЖД или СПГЖД	Б	В районах старой застройки — в секторах между линиями М и ПЖД или СПГЖД В районах новой застройки и пригородах — подвозочный
	М проектируется; ПЖД	В	Основной вид транспорта. В центральных районах — подземные участки (преметрополитен)
III	М — одна линия; ПЖД М проектируется; ПЖД М на расчетный период не планируется; ПЖД	Г Д Е	См. Б См. В Основной вид транспорта. Во всех районах наземное полотно. Пересечения с другими видами транспорта в разных уровнях

* При наличии связи с существующей сетью трамвая.

еще нет, но пропускная способность наземных транспортных магистралей уже исчерпана. Такие условия возникли в ряде городов Западной Европы и разрешаются посредством ввода в эксплуатацию в центральных частях городов так называемых преметрополитенов, т. е. подземных участков будущего метрополитена, временно эксплуатируемых трамвайным подвижным составом (Брюссель, Кельн и др.). По линиям преметрополитенов пропускается по несколько трамвайных маршрутов, обеспечивающих большее число беспересадочных сообщений, чем будущие линии метрополитена.

Преметрополитены в Брюсселе и Кельне оказались весьма привлекательными для пассажиров, удобными с точки зрения доступности станций, частоты движения, большой скорости сооб-

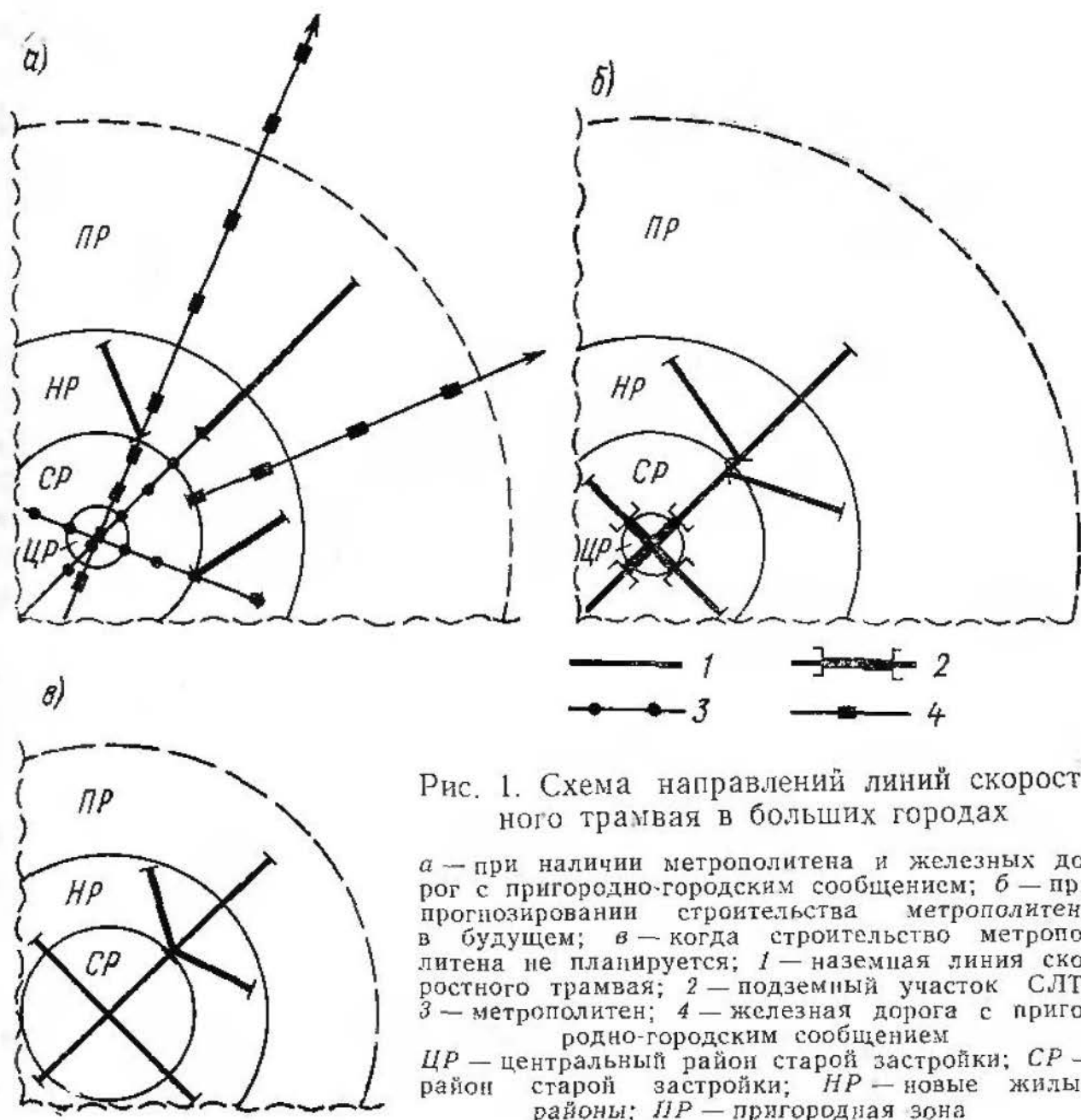


Рис. 1. Схема направлений линий скоростного трамвая в больших городах

а — при наличии метрополитена и железных дорог с пригородно-городским сообщением; б — при прогнозировании строительства метрополитена в будущем; в — когда строительство метрополитена не планируется; 1 — наземная линия скоростного трамвая; 2 — подземный участок СЛТ; 3 — метрополитен; 4 — железная дорога с пригородно-городским сообщением
ЦР — центральный район старой застройки; СР — район старой застройки; НР — новые жилые районы; ПР — пригородная зона

щения, а главное — развитой маршрутной сети. Преметрополитены являются экономичным и удобным способом сооружения метрополитена. С момента начала эксплуатации этих линий поездами метрополитена и переустройством энергоснабжения и сигнализации преимущество беспересадочности существенно снизится. Поэтому переустройство подземных линий трамвая в метрополитен целесообразно откладывать до постройки нескольких линий.

В городах II группы подземные участки СЛТ могут встречаться чаще, чем в I группе. В городах III группы, где на расчетный период метрополитен не планируется и СЛТ сооружаются по направлениям наиболее мощных пассажиропотоков (см. рис. 1, в), подземные участки, как правило, не устраиваются.

В конурбациях типа Донецкой, Силезской, Рурской, Голландской скоростной трамвай может быть использован для городских, междугородных и межселенных сообщений. Здесь в ряде случаев (Рур) также предусматривается переоборудование СЛТ впоследствии в городские железные дороги.

Для междугородных сообщений скоростной трамвай используется чаще при расстояниях между городами 30—50 км, как, например, вдоль Рейна между Кельном и Бонном, в Швейцарии и др. Поезда междугородных трамваев на территории городов часто проходят в режиме обычного трамвая по путям, расположенным на улицах, но между городами развивают высокие скорости — до 120 км/ч. Движение поездов, состоящих обычно из двух-трех вагонов, происходит строго по расписанию с интервалом 10—25 мин. Известен случай протеста швейцарских пассажиров против увеличения составности поездов при одновременном увеличении интервалов, что стало бы неудобным для пассажиров и означало бы перевод скоростного трамвая в разряд обычных железных дорог местного значения. Основанием для применения в этих случаях трамвая, а не железной дороги является высокая плотность и непрерывность застройки между рассматриваемыми городами.

Скоростной трамвай с успехом используется для трудовых поездок между отдельно расположенными крупными промышленными предприятиями и городом или тяготеющими к этому предприятию поселками.

В городах вытянутой в плане конфигурации (в том числе в городах-линиях) потребность в скоростном виде транспорта, в том числе в скоростном трамвае, возникает при меньшем количестве населения.

Необходимо отметить, что вообще при прокладке новых линий трамвая надо стремиться сооружать только скоростные линии, а при реконструкции пути — преобразовывать их в скоростные, независимо от длины пути. Это общее положение обосновывается менее эффективным использованием современного подвижного состава трамвая на обычных линиях.

Если при реконструкции не удастся преобразовать линию трамвая полностью в скоростную и приходится сохранять переезды в одном уровне, то все же необходимо при этом предусматривать мероприятия, обеспечивающие повышение скорости и безопасность движения.

Направления линий скоростного трамвая, соответствующие направлениям концентрированных пассажиропотоков, связываются с планировкой города, размещением промышленности, деловых и торговых центров, жилья, спортивных комплексов и мест отдыха.

Направление трасс СЛТ выбирается по возможности прямолинейным, что в значительной мере снижает затрату времени на поездку. При этом обязательно должны учитываться местные условия (использование рельефа, пойм рек и т. п.), расположение станций метрополитена и железных дорог. В комплексных схемах развития транспорта города для трасс скоростного трамвая, так же как для линий метрополитена, резервируются технические зоны.

Относительно небольшие расстояния от пассажирообразующих точек до остановочных пунктов (станций) СЛТ характеризуют удачный выбор направления трассы. Скорость сообщения на СЛТ также зависит от положения трассы, числа пересечений, количества и величины радиусов кривых на трассе.

Если СЛТ начинается в центре города, то лучшим решением является расположение ее станций на сравнительно близком расстоянии, так чтобы время подхода к ним не превышало 5 мин (Волгоград, Кривой Рог, Брюссель, Кельн). Наземное трассирование на центральных улицах практикуется только на небольшом протяжении для приема пассажиров.

Особое внимание следует уделять координации сети или линий скоростного трамвая с другими видами скоростного транспорта. Если диаметральные основные маршруты характеризуются постепенным нарастанием, а затем таким же спадом нагрузки, то подводящие маршруты трамвая характеризуются, как правило, постоянной нагрузкой на большей части протяжения линии с интенсивным спадом на конце.

Подводящие линии должны начинаться по возможности в непосредственной близости к платформе станции метрополитена или СПГЖД. Нельзя допускать больших расстояний от станции метрополитена до трамвайной остановки.

Высокие технико-экономические показатели и привлекательность скоростного трамвая представляют один из существенных факторов, организующих территорию, поскольку вдоль СЛТ концентрируются жилые и промышленные массивы. Этот процесс влечет за собой также перераспределение пассажиропотоков в пользу СЛТ и повышение ее экономичности.

ГЛАВА II

ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ СКОРОСТНОГО ТРАМВАЯ

§ 4. ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ СКОРОСТНОГО ТРАМВАЯ В ОТДЕЛЬНЫХ СТРАНАХ

В течение последних десятилетий наблюдаются два отношения к применению трамвайного транспорта: первое заключается в полной ликвидации его во всем городе или в центральных районах (Париж, Лондон, Западный Берлин, Нью-Йорк и др.), а второе — в реконструкции трамвайного транспорта и развитии его в новом качестве — в виде скоростных линий.

Снятие трамвайных путей с проезжих частей узких улиц центральных районов, где тихоходный устаревший подвижной состав затруднял автомобильное движение и представлял опасность для пассажиров, явилось вполне закономерным процессом. В то же время прогресс в трамвайном вагоностроении и воз-

возможность осуществлять перевозки пассажиров с более высокой скоростью при использовании специальных линий или реконструкций существующих при сравнительно небольших строительных и эксплуатационных расходах возродили этот старый вид транспорта на качественно новой основе; в новом виде он получает все большее распространение.

В ряде случаев оба процесса, т. е. ликвидация в центральных районах города обычных трамвайных линий и строительство на периферии новых, скоростных, протекают одновременно. Ликвидируемые наземные трамвайные линии должны заменяться более провозоспособным и быстроходным видом транспорта, например метрополитеном, или подвергаться полной реконструкции с переносом линии трамвая под землю или на эстакады.

Применение подземных линий трамвая нельзя считать новшеством, так как первый тоннель был построен еще в конце прошлого столетия в Берлине под р. Шпрее*, а в 1900 г. был открыт тоннель с трамвайными путями под улицей Унтер ден Линден, утративший свое значение в 1945 г. в связи с разрушением центра города и закрытый в 1951 г. В настоящее время после восстановления центра Берлина — столицы ГДР — потребность в тоннеле полностью отпала.

Отдельные небольшие по протяженности тоннели с трамвайными путями, но без скоростного тогда движения сооружались в ФРГ в районе Вупперталя, в Нюрнберге (1938 г.), Дуйсбурге, Гамбурге и др. Часть их пострадала во время войны, а часть не соответствует современным требованиям и габаритам.

Известным примером применения подземных линий трамвая большого протяжения являются линии, построенные в конце девятнадцатого столетия в г. Бостоне (США) и относимые к скоростным.

Широкое проектирование и строительство линий скоростного трамвая началось только в 60-х годах нашего столетия.

Особенно широкое применение скоростного трамвая намечено в СССР. В семидесятых годах скоростной трамвай с наземными и подземными участками сооружается или уже эксплуатируется в ряде городов СССР, ФРГ, Бельгии, США, а также в отдельных городах ГДР, Чехословакии, Польши, Югославии, Италии, Нидерландов, Швеции, Австрии, Японии, Египта и др.

В Советском Союзе число трамвайных предприятий достигло 112 — наибольшее из всех стран мира. Развитие трамвайного хозяйства и возможность приобретения новых быстроходных трамвайных вагонов является хорошей базой для организации скоростного движения. Этому способствует также большое (в среднем более 60%) протяжение в городах СССР путей,

* Тоннель ликвидирован в 1932 г.

уложенных на собственном и обособленном полотне (без дорожного покрытия).

Применение СЛТ во многих городах, особенно с населением от 0,4 до 1 млн. человек, в значительной мере решает транспортную проблему и сохраняет трамваю ведущее положение в пассажирских перевозках.

С целью удешевления строительства СЛТ в СССР по возможности избегают подземных участков, однако там, где к этому вынуждает необходимость, они сооружаются с расчетом на возможность последующего преобразования в метрополитен. Короткие по протяжению тоннельные участки проектируются для прохода под автомобильными магистралями и транспортными узлами.

Начало применению СЛТ в СССР было положено строительством Стрельнинской скоростной линии под Ленинградом, явившейся хорошей экспериментальной базой для исследования взаимодействия трамвайных вагонов и пути и последующей разработки нормативных документов.

В СССР в 1976 г. скоростные линии трамвая эксплуатировались в Ленинграде, частично в Волгограде и Киеве, сооружались в Саратове, Ереване, запроектированы для Перми, Уфы, Риги, Старого Оскола, Новополюцка, Кривого Рога и планировались для ряда больших городов и промышленных центров.

Подземные участки значительного протяжения предусмотрены проектами в Волгограде, Кривом Роге, Ереване и Риге.

В ФРГ имеются 45 трамвайных предприятий, на базе которых при необходимости можно соорудить СЛТ. В 1975 г. СЛТ эксплуатировались в Кельне, Франкфурте-на-Майне, Билефельде, Бонне, сооружались в Эссене, Ганновере, Штутгарте, Бремене, Брауншвейге, Людвигсхавене и проектировались еще для нескольких городов. В большинстве перечисленных городов ФРГ предполагается в будущем преобразовать СЛТ с подземными участками в городскую железную дорогу (ГЖД, *Stadt-bahn*) или метрополитен с токобъемом от рабочего провода.

Первым городом ФРГ, построившим ГЖД, явился Франкфурт-на-Майне. Отличительной ее особенностью стал участок совмещенной эксплуатации поездами метрополитена и скоростного трамвая.

В Бельгии намечено построить подземные линии трамвая в пяти городах; в Брюсселе и Антверпене они образуют претомполитены. Преобразование претомполитена в метрополитен в ближайшие два-три десятилетия наиболее реально только в Брюсселе. В остальных городах, вероятно, надолго сохранится трамвай с подземными участками, если они будут построены.

В 30-х годах увеличение числа автомобилей и автобусов вызвало сокращение, а в ряде случаев даже ликвидацию трамвайного сообщения в городах США. Создание в тот же период нового совершенного типа трамвайного вагона РСС приостано-

вило ликвидацию трамвая в ряде городов, но в других городах влияние автомобилизации было настолько сильным, что даже введение этого нового вагона не смогло остановить общего процесса. Так, в Вашингтоне, несмотря на введение в 1957 г. новые вагоны РСС типа 1512 с кондиционированием воздуха, люминесцентным освещением и сиденьями с откидными спинками, в 1961 г. специальной комиссией было принято решение о полной ликвидации трамвая в столице США. Трамвайные вагоны из Вашингтона были проданы в г. Форт-Уэст (шт. Техас), где успешно эксплуатируются на линии с подземными участками. Удачно созданный вагон РСС (см. гл. III) в течение многих лет экспортировался в страны Америки, Европы и других континентов.

В 60-х годах взгляд на перспективы развития трамвая в США постепенно меняется. Загрязнение атмосферы выхлопными газами автомобилей, особенно дизельных автобусов, и чрезмерная насыщенность улиц автомобилями привели к тому, что в нескольких городах США было восстановлено трамвайное сообщение. Однако восстановленный или реконструированный трамвай существенно отличается от старого, тихоходного, пролежавшего на общем полотне улиц. Во многих случаях сохранению и развитию трамвайного транспорта способствует наличие подземных участков или линий, проложенных на собственном полотне. В Нью-Арке (входящем в агломерацию Нью-Йорка) давно успешно эксплуатируется трамвайная линия протяженностью всего 8 км, полностью изолированная от других видов транспорта.

Имеются случаи применения трехсекционных трамвайных поездов с выходом пассажиров на высокие платформы и изоляцией путей в центральных частях городов (например, Кливленд, Чикаго). Эти трамваи явились прообразом современных транспортных систем (например, типы BART, PATCO), относящихся, в зависимости от района обслуживания, к городскому или пригородному метрополитену.

В 70-х годах расширение трамвайного транспорта в США продолжается более интенсивно в тех городах, где сооружать метрополитен нецелесообразно, а транспортные затруднения уже велики. Новые трамвайные линии, как правило располагаемые на обособленном полотне (часто на разделительной полосе автомагистралей), отделенные от уличного движения и относимые к первой категории, в технической литературе США в последние годы часто называются «городским рельсовым транспортом с облегченными экипажами» (LRV — Light railway vehicle). В случае необходимости скоростной трамвай описанной системы сможет быть переоборудован в метрополитен (в Европе такие линии принято называть праметрополитеном). В настоящее время намечено соорудить или реконструировать, преобразовав в скоростные, трамваи в городах Сан-Франциско (развивая его

одновременно со скоростной системой BART), Бостоне, Филадельфии, Дейтоне, Рочестере, Портленде, Фениксе, Форт-Уэсте, Сан-Диего и др.

Аналогичные причины побудили планировать постройку скоростного трамвая в городах Канады: Ванкувере, Эдмонте и Калгари.

Опыт применения скоростного трамвая весьма обширен и разнообразен; ниже он рассматривается на отдельных, наиболее характерных примерах. В выбранных примерах приведены условия при сооружении или эксплуатации СЛТ, общие решения, касающиеся трассы, конструкции пути, станций, подвижного состава, организации движения и т. п.

Отдельно рассматриваются СЛТ, отнесенные к нескольким группам:

1) метротрамваи, т. е. линии с подземными (или длинными эстакадными) и наземными участками, в том числе намеченные к переоборудованию в метрополитены и поэтому называемые преметрополитенами (§ 5) или в линии ГЖД (§ 6), а также по ряду причин не намеченные к такому переоборудованию и называемые полуметрополитенами (§ 8);

2) с наземным полотном (без подземных участков) при наличии путепроводных развязок или без них (§ 9).

Поскольку стадия преобразования преметрополитена в метрополитен и даже подземных участков обычного трамвая в ГЖД представляет значительный интерес, ей посвящен отдельный раздел (§ 7). В нем также описываются случаи временного использования путей метрополитена трамваем.

§ 5. СКОРОСТНЫЕ ЛИНИИ ТРАМВАЯ С ПОДЗЕМНЫМИ УЧАСТКАМИ, НАМЕЧАЕМЫЕ К ПЕРЕОБОРУДОВАНИЮ В ЛИНИИ МЕТРОПОЛИТЕНА

При условии, что подземные участки скоростного трамвая, сооружаемые по габариту и под нагрузку вагонов метрополитена, в ближайшие два-три десятилетия образуют часть трассы метрополитена, скоростной трамвай можно отнести к категории преметрополитенов. Этот термин не всегда используется при описании скоростного трамвая данной категории, например, в Бельгии термин преметрополитен применяется, а в США он не принят.

Ниже, на примерах Волгограда, Брюсселя и других городов, рассматриваются сооружаемые и в некоторых случаях уже эксплуатируемые СЛТ, намечаемые к переоборудованию в метрополитены.

Волгоград — крупный промышленный областной центр с населением более 0,8 млн. человек. Строительство СЛТ начато в 1972 г., и в начале 1973 г. уже открыто движение на первом, наземном, участке протяжением 4 км.

Протяженность трассы первой очереди составляет 19,8 км, в том числе тоннельной 3,3 км. Линия начинается наземной петлей у реки Царица и проходит по высокому мосту, за которым сразу входит в тоннель. Тоннель проходит под центральным районом города; здесь запроектированы три подземные станции: «Дворец труда», «Комсомольская» и «Площадь Ленина»*. Низкие посадочные платформы (длиной 60 м) на подземных станциях, предполагавшиеся первоначально боковыми, перепроектированы на островные, что обусловлено возможностью ускорения и удешевления строительства имеющимся у Метростроя оборудованием.

Проектом предусмотрено мелкое заложение тоннеля, и, поскольку он почти на всем протяжении проходит под бульваром, на перегонах он сооружается щитовым способом, а на станциях — открытым. После тоннельного участка линия уложена на обособленном и собственном полотне вдоль пр. Ленина; там, где трасса близка к проезжей части, она отделена от последней кустарником. Пересечения с дорогами с интенсивным автомобильным движением осуществляются в разных уровнях, а при небольшом движении — в одном. Образовавшиеся переезды оборудованы светофорной сигнализацией, включаемой движущимися трамвайными поездами. В местах больших пешеходных потоков у Мамаева кургана и заводских ворот сооружаются подземные переходы с выходами также на посадочные платформы. Трасса заканчивается петлей с несколькими путями для отстоя вагонов.

Впоследствии линия будет продолжена на юг (вторая очередь).

СЛТ создается на базе крупного, хорошо оснащенного трамвайного хозяйства, поэтому пусковой период проходит легко. Скоростной трамвай осваивается опытными кадрами, которые для этой цели дополнительно инструктируются.

Движение организуется поездами из двух четырехосных вагонов, соединенных по системе многих единиц (СМЕ). Питание линии будет осуществляться от пяти тяговых подстанций, управляемых из одного диспетчерского пункта.

Остановочные пункты, включая подземные, расположены на расстоянии от 0,5 до 1,5 км (в среднем 0,95 км). По расчетам, скорость сообщения будет равна 28—30 км/ч. Предполагается, что 50 млн. пассажиров, которые в первый год эксплуатации проедут по СЛТ, сэкономят для отдыха и учебы 7 млн. ч.

Подземные сооружения СЛТ запроектированы, а габариты и конструктивные решения приняты по нормам проектирования метрополитенов, поскольку впоследствии намечено их использовать для линии метрополитена.

* Тоннельный участок запроектирован институтом Метрогипротранс.

19 тыс. пассажиров в одном направлении при интервале до 1,5 мин, обеспеченном системой автоматической блокировки со светофорной сигнализацией.

При строительстве подземного участка предстоит выработать 330 тыс. м³ грунта, смонтировать 10,5 тыс. т чугуновой обделки и 19,8 тыс. м³ сборных конструкций и уложить 8,5 тыс. м³ монолитного бетона и железобетона.

Ереван — крупный культурный и промышленный центр, столица Армянской ССР с населением 0,8 млн. жителей. В последнее десятилетие город интенсивно растет территориально и по численности населения.

Трамвайная сеть реконструируется, причем в центре города, в северо-южном направлении запроектирован Армгипротрансом подземный участок протяженностью 6 км; его сооружение было начато в 1973 г. На подземном участке сооружаются четыре станции: «Площадь Ленина», «Студенческая-Театральная», «Барекамутян» и «Киевлян» с островными платформами длиной 100 м; среднее расстояние между станциями 1,25 км (рис. 4). С южной стороны рампа сооружается на ул. Октемберян, а с северной — на ул. Комитаса. В настоящее время на всех станциях закончена проходка стволов и пройдены первые метры околоствольных выработок.

Брюссель — столица Бельгии, является крупнейшим промышленным и деловым центром страны, а также узлом железных и автомобильных дорог. Плотность населения в агломерации Брюсселя весьма высокая (500 чел./км²), в самом городе живет 1,1 млн. человек.

Наряду с непрерывным ростом числа индивидуальных автомобилей в городе и стране усиливается за счет правительственных субсидий развитие общественного транспорта, что является вынужденной мерой для предотвращения задержек движения и сдерживания автомобилизации населения.

Планировка города сложилась исторически; имеется три кольца улиц: малое бульварное в виде пентагона, большое бульварное и ринг и ряд радиальных магистралей. Внутри малого бульварного кольца находится деловой центр; улицы здесь узкие, многие из них кривые, с крутыми подъемами и высокой насыщенностью автомобилями.

В течение многих лет осуществляется реконструкция дорожной сети города и ближайших пригородов. Почти на всех пересечениях малого бульварного кольца с радиальными магистралями потоки автомобилей пересекаются в разных уровнях. За пределами центральной части города магистрали расширяются и упорядочиваются*.

* Работы выполняются Министерством реконструкции и общественных работ Бельгии.

Пассажирские перевозки по городу до сооружения премо-рополитена осуществлялись в основном трамваем, двумя железнодорожными диаметрами (один из них подземный, проходящий через центр города) и автомобилями, главным образом личными и такси. Общественным транспортом перевозилось 650 000, индивидуальным — 500 000 пас./год.

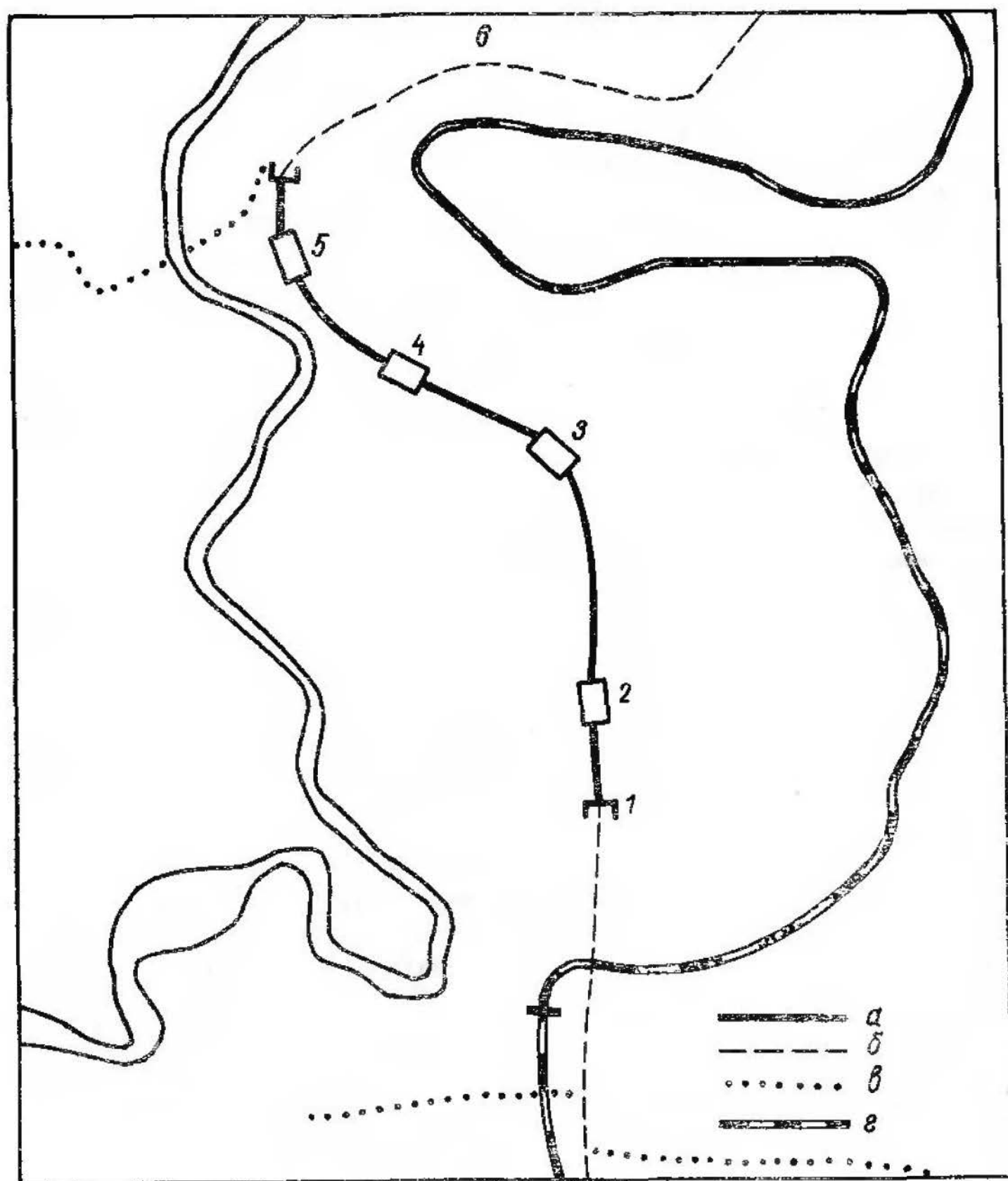


Рис. 4. План подземной части СЛТ в Ереване

1 — рампа на ул. Октемберян; 2 — станция «Площадь Ленина»; 3 — станция «Студенческая-Театральная»; 4 — станция «Барекамутян»; 5 — станция «Кневяц»; 6 — рампа на ул. Комитаса

Скорость движения трамвая в центре города (где он функционирует и сейчас, даже при наличии преметрополитена) в час пик падает ниже 10 км/ч.

На основе транспортного обследования и прогнозирования пассажиропотоков на 1980 и 2000 гг. и сопоставления вариантов, в числе которых рассмотрены также монорельсовые дороги, разработана программа развития городского общественного транспорта, предусматривающая двухстадийное введение метрополитена. На первой стадии предусматривается преметрополитен — скоростной трамвай с подземными и изолированными от уличного движения наземными участками. На этой стадии не применяется дорогостоящий подвижной состав метрополитена и СЦБ, хотя тоннели сооружаются по его габаритам. Такое решение обосновано отсутствием сейчас и на ближайшие годы достаточно мощных пассажиропотоков. По мнению специалистов, средства, затраченные на сооружение тоннелей и организацию движения скоростного трамвая, составляют от 30 до 50% стоимости метрополитена.

Широкому применению подземного трамвая предшествовала успешная эксплуатация первого подземного участка.

Начало переноса трамвайных путей под землю было сделано под площадью Конституции перед открытием в 1958 г. Всемирной выставки «Человек и прогресс». Под площадью впервые в Европе был построен трамвайный узел, по которому в день проходит 3600 поездов семнадцати маршрутов. Четырехпутная станция в узле (при ширине тоннеля в этом месте 14 м) обслуживает 200 000 пассажиров в сутки, в том числе 30 000 в час пик, когда поезда следуют с интервалом 25—30 с.

При строительстве тоннелей в болотистом грунте, преобладающем в городе*, был широко использован так называемый брюссельский способ сооружения, при котором вначале возводились боковые стенки тоннеля, которые не мешали наземному транспорту, а затем сооружалось перекрытие, под которым велась проходка тоннеля.

Общая протяженность сети преметрополитена намечена равной 135 км, в том числе 60 км подземных и 75 наземных участков двойного пути. На пересечениях наземных участков с магистральными улицами сооружаются путепроводы, или короткие тоннели.

В качестве подвозящего транспорта к конечным и некоторым промежуточным станциям преметрополитена используется разветвленная автобусная сеть протяженностью 250 км, причем на магистральных улицах по обособленным полосам автобусам обеспечивается преимущественный пропуск в системе регулирования.

* Брюссель — по-фламандски «болото».

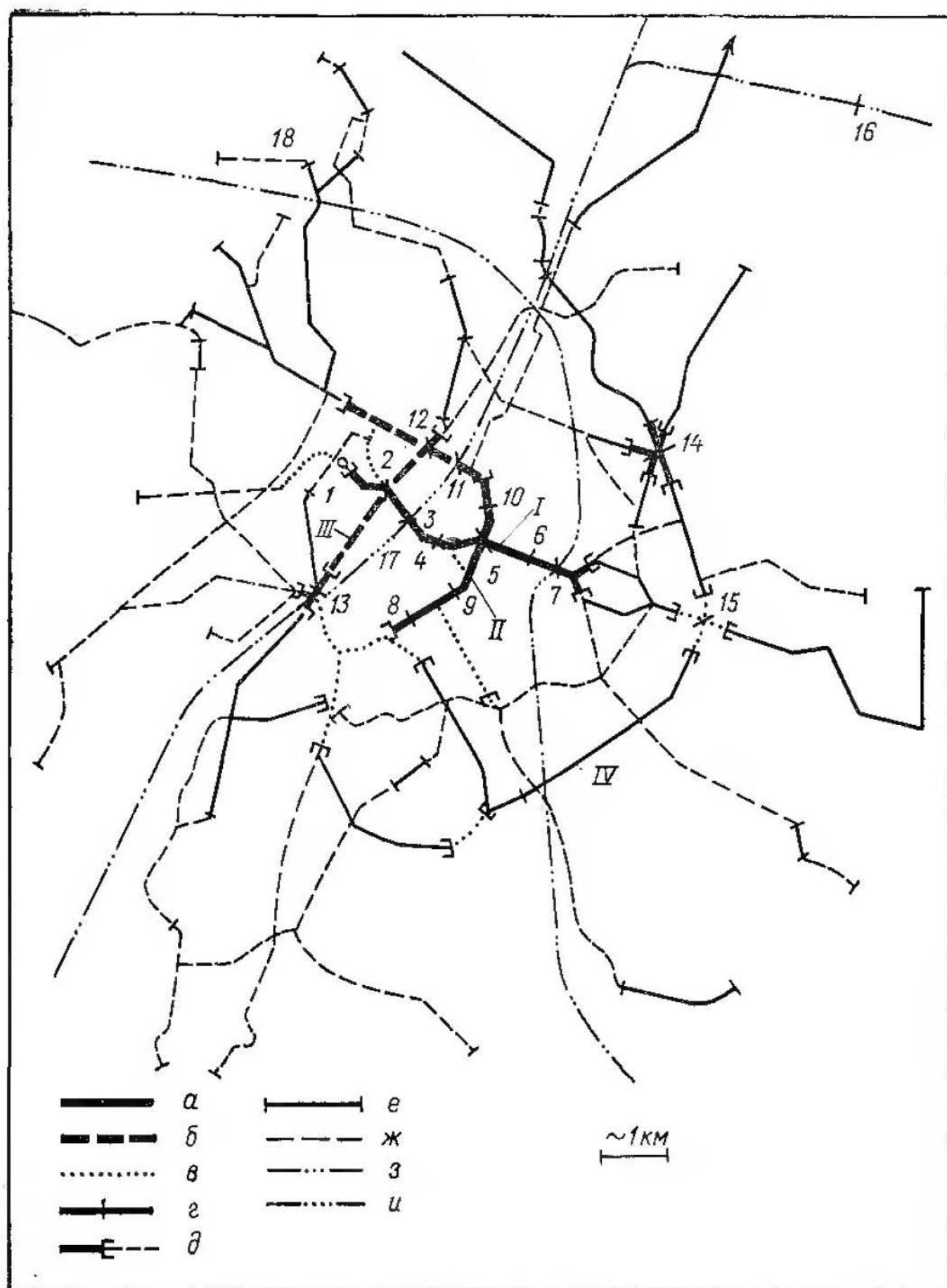


Рис. 5. План сети преметрополитена в Брюсселе

a — подземные участки скоростного трамвая; *б* — то же, наземные; *в* — подземные станции; *г* — рампы; *д* — железная дорога; *е* — участки скоростного трамвая, полнотена на обособленном полотне; *ж* — трамвайные линии на улицах; *з* — железнодорожная линия; *и* — то же, подземная часть; *I* — Западно-Восточная линия преметрополитена; *1* — наземная петля Сан-Катерин; *2* — станция «Брукер» (пересадочная на линию *III*); *3* — станция «Центральная» (пересадочная на железнодорожную соединительную линию); *4* — станция «Парк»; *5* — станция «Искусство» (пересадочная на линию *II*); *6* — станция «Мальбек»; *7* — станция «Шуман» (пересадочная на железнодорожную линию); *II* — Малое кольцо; *8* — станция «Намюр»; *9* — станция «Трон»; *10* — станция «Маду»; *11* — станция «Северный вокзал»; *III* — Северо-Южная линия; *12* — станция «Роже» (пересадочная на линию *II*); *13* — станция «Площадь Конституции» (Южный вокзал); *IV* — Большое кольцо; *14* — станция «Диамант»; *15* — станция «Турвурен»; *16* — аэропорт Завентем; *17* — центр города — Грандплас; *18* — Атомium на территории выставки 1958 г.

Намечено до 1990 г. построить пять линий преметрополитена со следующими тоннельными участками.

На линии № 1 — Западно-Восточной — подземная часть протяженностью 3,5 км, проложенная под центральным районом города (рис. 5). Проходка тоннеля была начата в 1965 г., открылось движение в декабре 1969 г.



Рис. 6. Вагон преметрополитена Брюсселя на наземной петле Сан-Катерин



Рис. 7. Рампа у конечной станции Сан-Катерин



Рис. 8. Платформа станции «Искусство» при эксплуатации линии трамвайными вагонами

Начало линии — поворотная петля у Сан-Катерин — находится на поверхности, часть которой отведена под стоянку автомобилей (рис. 6). Сразу же за площадью после ramпы (с уклоном 6%, рис. 7) трасса уходит в двухпутный тоннель мелкого заложения. На линии шесть подземных станций, из них четыре пересадочных: «Брукер» и «Искусство» — на другие линии претрополитена, «Центральная» и «Шуман» — на железную дорогу.

Трасса изобилует небольшими по протяжению кривыми в плане, совпадающими с поворотами улиц. Движение осуществляется четырехосными трамвайными вагонами типа РСС серии 7000. При въезде в тоннель при скорости 10 км/ч автоматически поднимается полупантограф и оттягивается роликовый токоприемник. По тоннельной части первой линии проходит пять маршрутов, которые за ramпой, находящейся за станцией «Шуман», расходятся по пяти направлениям, обеспечивая большое число беспересадочных сообщений.

Расстояния между станциями в центре города невелики — 0,3—0,5 км. Тоннель не освещен. Скорость движения в тоннелях регулируется системой сигнализации, описанной ниже в гл. VIII.

Боковые платформы подземных станций имеют длину 91 м, рассчитанную на шестивагонный поезд будущего метрополитена. Высота платформы 1 м. Для посадки в вагоны трамвая средняя часть платформы длиной 30 м понижена (рис. 8).

По наблюдениям автора, на станции «Искусство» в 1972 г. провозная способность линии при движении одновагонных поездов достигла 10 000 пас./ч в одном направлении. Для увеличения ее провозной способности потребуется организовать движение поездами и усовершенствовать сигнализацию.

На подземной линии № 2, запроектированной под Малым бульварным кольцом, сооружен и в декабре 1970 г. введен в эксплуатацию участок протяженностью 2 км со станциями «Намюр», «Трон», «Искусство» и «Маду». Последняя построена рядом с многоярусным подземным гаражом, где сооружен переход в гараж, минуя выход на поверхность земли.

По этой линии проходят также пять маршрутов, которые за станцией «Маду» расходятся по направлениям на север и северо-запад и за станцией «Намюр» — по наземным линиям на юг и юго-запад. На одном из маршрутов эксплуатируются сочлененные вагоны.

Строительство линии продолжается. Одна из пересадочных станций — «Рожье» — будет представлять сложный подземный комплекс, в который войдут также автомобильные тоннели и подземный гараж.

Подземная линия № 3 проходит под торговой улицей города — бульваром Анспаш. Участок длиной 3 км от станции «Рожье» до существующей станции «Площадь Конституции» введен в эксплуатацию в 1976 г. (сооружался в течение 8 лет).

Строительство линии № 4 намечено начать в 1982 г. и закончить в 1986 г.

Линия № 5 проходит по Большому бульварному кольцу. Тоннели сооружаются здесь только на перегруженных участках и в местах развязок с тремя автомобильными магистралями. Первый подземный участок длиной 1 км под бульваром Рейерс с подземной станцией «Диамант» введен в эксплуатацию в середине 1972 г.

К началу 1974 г. общая протяженность подземных линий брюссельского преметрополитена с 11 станциями составляла 6,6 км.

Преметрополитен стал для жителей города удобным видом транспорта благодаря безопасности и высокой скорости сообщения (в центре 21—23 км/ч, на периферии — 25—28 км/ч). С открытием движения на двух линиях преметрополитена пассажиропоток в соответствующих направлениях увеличился на 39%, а в часы пик — на 85% по сравнению с числом пассажиров, проезжавших ранее по наземным линиям трамвая. Билеты для проезда приобретаются на станциях в автоматах или кассах и проверяются при проходе через турникет; на наземных участках билеты покупаются у кондукторов в вагоне, а заранее приобретенные абонементы компостируются в самом вагоне у передней входной двери. Вход в вагоны в крайние двери, выход — в середине.

Станции, платформы и кассовые залы оборудованы телевизионными камерами, передающими информацию диспетчеру, находящемуся на станции «Парк» и контролирующему движение поездов и посадку на всех подземных станциях на обеих

линиях. Рекомендации диспетчера пассажирам передаются через громкоговорители соответствующей станции.

Перевод преметрополитена в режим метрополитена может быть осуществлен при условии обеспечения, по возможности, беспересадочных сообщений. При преметрополитене успешно используется одно из главных преимуществ трамвая: его разветвленная сеть обслуживает в Брюсселе в 2,5 раза большую территорию, чем это могла бы сделать одна одномаршрутная линия метрополитена. Только густая сеть линий метрополитена способна будет заменить трамвайную с высоким маршрутным коэффициентом. Наиболее вероятно, что подвижной состав метрополитена будет введен не сразу на всех линиях преметрополитена, поэтому для ряда направлений в переходный период сообщение будет ухудшаться необходимостью пересадок на трамвай или автобус.

А н т в е р п е н — второй по величине и значению город в Бельгии с населением 0,9 млн. человек. В последнее десятилетие среди жителей наблюдается тенденция к переселению в пригороды; при этом число и дальность поездок увеличиваются. В то же время в старой, центральной, части продолжает возрастать число мест приложения труда. Так же, как и в Брюсселе, радиальные автомобильные магистрали не смогли ликвидировать транспортные затруднения в деловой части города, что побудило приступить к проектированию стабильного строительства метрополитена.

На первой стадии предусмотрен преметрополитен, поезда которого будут следовать по тоннельным и наземным линиям на обособленном полотне с пересечениями автомобильных магистралей в разных уровнях. Подсчитано, что строительство метрополитена, минуя первую стадию, в течение по крайней мере двух десятилетий экономически не оправдано.

Запроектирована сеть подземных линий преметрополитена с 22 станциями протяженностью 13 км (рис. 9, I) и средней длиной перегона 0,5 км. Строительство первой очереди начато в 1971 г.; предполагается, что скорость сообщения в тоннельных участках будет равна 18 км/ч, а в часы пик — 14 км/ч.

Внедренная в Антверпене система имеет существенное отличие от брюссельской: с момента пуска метрополитена его путевая сеть будет полностью отделена от трамвайной, а движение трамвая и метрополитена — координировано. Причина разделения сети заключается в том, что рельсовая колея у трамвая 1000 мм, а метрополитена — 1435 мм.

В Антверпене оригинально решается конструкция пути у платформ на подземных станциях. Вместо понижения платформы до уровня первой ступеньки трамвайного вагона путь трамвая поднимается на дополнительный слой балласта, удаляемый при переоборудовании в метрополитен (рис. 9, II).

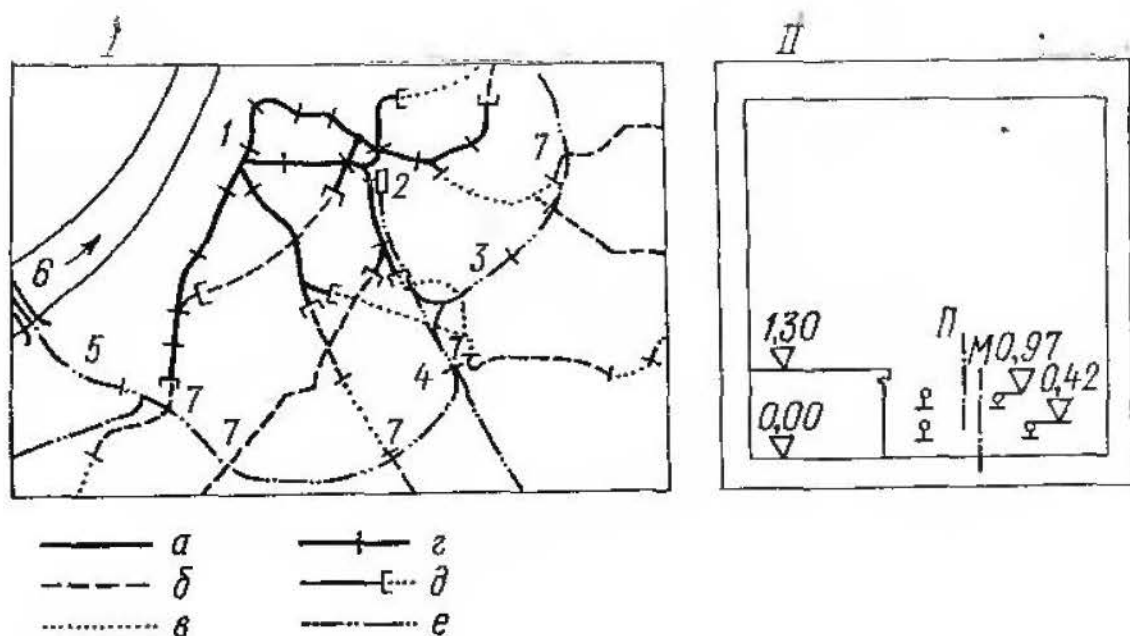


Рис. 9. Перспективный план строительства преметрополитена в Антверпене

I — схема линий: а — намечаемые участки подземных линий; б — наземные участки на обособленном полотне; в — трамвайные линии на улицах; г — станции; д — ramпы; е — железные дороги; 1 — Собор (центр города); 2 — Главный вокзал; 3 — Восточный вокзал; 4 — вокзал Берхем; 5 — Южный вокзал; 6 — р. Шельда; 7 — автомобильные стоянки; II — уровни путей относительно платформы подземной станции при эксплуатации преметрополитена и метрополитена; П — ось пути преметрополитена; М — ось пути метрополитена

Тоннели запроектированы мелкого заложения, лишь в отдельных местах они заглубляются до 30 м, при этом платформы станций во всех случаях (кроме пересадочных) находятся на 3,05 м ниже поверхности улицы.

В этом разделе уместно упомянуть, что скоростной трамвай в Стокгольме переоборудован в метрополитен посредством замены подвижного состава, постройки высоких платформ, навески третьего, контактного рельса и устройства совершенной сигнализации. Направление первой трассы сохранено, построены также новые линии.

Вена — столица Австрии, крупнейший промышленный центр страны с узлом железнодорожных, водных, автомобильных и воздушных путей сообщения, с населением 1,9 млн. человек.

Узкие улицы в центральной части Вены и процесс автомобилизации вызвали транспортные затруднения. Для их устранения намечено отдельные пригородные и городские участки железных дорог преобразовать в СПГЖД, построить метрополитен и реконструировать трамвай. Признаю, что четыре линии метрополитена кардинально решат транспортную проблему; первая линия строится с 1970 г.

С 1897 г. в Вене функционирует (электрифицированная в 1920—1925 гг.) городская железная дорога, представляющая собой среднее между трамваем и метрополитеном. Несовершенное оборудование и устаревший подвижной состав (поезда из десяти устаревших, неудобных двухосных вагонов, из них три

моторных) затрудняют переустройство этой дороги в метрополитен; намечена лишь некоторая ее модернизация.

Основным видом городского транспорта Вены является обычный трамвай. Протяжение трамвайных линий по оси улиц превышает 220 км и является одним из наибольших в Европе. Между отдельными улицами на Ринге уложено даже по три трамвайных пути; третьи пути являются отрезками петель начинающихся здесь радиальных линий. Задержки движения на Ринге — широкой улице вокруг центра города — были причиной переноса под землю нескольких оборотных петель трамвая, например на пл. Рузвельта, и устройства развязки движения в разных уровнях. В 1950 г., до принятия решения о сооружении метрополитена, путем усовершенствования трамвая и строительства подземных участков предполагалось организовать его скоростное движение.

В настоящее время эксплуатируются два подземных участка: первый, открытый в 1966 г. протяженностью 1,9 км под Ластенштрассе* с четырьмя станциями, оборудованными эскалаторами, и второй, открытый в 1969 г. протяженностью 3,4 км.

Основные параметры подземной линии Ластенштрассе: наименьший радиус кривых в плане 170 м, в профиле 1000 м, наибольший подъем 4%, ширина эскалатора 0,7 м, длина платформы 76 м, ширина 4 м. Три кольцевых трамвайных маршрута, проходящие по этому участку, имеют протяжение от 10 до 20 км и не могут быть отнесены к скоростным из-за малой скорости за пределами участка. Устройство развязок в разных уровнях на многочисленных перекрестках в центре Вены затруднительно. Этот же участок решено использовать под метрополитен, поскольку трассы совпали.

Сеть метрополитена в будущем позволит ликвидировать трамвай в центре Вены. На окраинах и в новых районах пути трамвая намечено перенести на обособленное полотно.

§ 6. СЛТ С ПОДЗЕМНЫМИ УЧАСТКАМИ, ПРЕОБРАЗУЕМЫЕ В ГОРОДСКИЕ ЖЕЛЕЗНЫЕ ДОРОГИ

Тенденция последующего преобразования скоростного трамвая в ГЖД наиболее ярко проявляется в городах III группы ФРГ: Кельне, Бонне, Ганновере, Эссене и других городах Рурского промышленного района. Одной из причин отказа от последующего переустройства трамвайных линий в линии метрополитена с третьим, контактным, рельсом является возможность сохранить на линиях ГЖД переезды в одном уровне с автомобильными дорогами, ограничиться меньшими капиталовложе-

* Ластенштрассе — общее название расположенных последовательно улиц Ландесгерихт, Ауэршлерг и Музеум, служивших ранее для грузового движения.

ниями при переоборудовании и создать более удобные условия для переходного периода.

Рига — столица Латвийской ССР, большой промышленный и портовый город с населением 0,8 млн. человек.

Основными видами городского транспорта являются трамвай, троллейбус и автобус. Ликвидация трамвайных путей на нескольких улицах в центральной части города вызвала перегрузку обходных линий и большие задержки движения трамвая и безрельсового транспорта на перекрестках.

Для преодоления транспортных затруднений Латгипрогостроем при участии Метрогипротранса и Гипрокоммундортранса ведется проектирование сети скоростного транспорта. По первому варианту намечалась линия СЛТ протяженностью 16,6 км, связывающая центр города с двумя новыми жилыми районами — Югла и Кенгерагс, расположенными первый на северо-восток, второй на юго-восток от центра города. На СЛТ предусматривались два тоннельных участка длиной 1,8 и 0,6 км, а на ул. Кришьян Барон сохранялись пути с дорожным покрытием, перегруженные трамвайным движением.

В связи со значительным расширением жилищного строительства в Задвинье на левом берегу Даугавы рассматривается второй вариант для проектирования СЛТ от Юглы через центр города в Задвинье. Все подземные сооружения проектируются по габаритам и нормам метрополитена. Окончательное направление трассы по второму варианту еще не принято. Рижские специалисты стремятся поскорее «пройти» стадию скоростного трамвая и преобразовать его в ГЖД; ему уже дано новое название СЭРТ (скоростной электрический рельсовый транспорт). Переоборудование будет целесообразно, когда длина трассы и мощность пассажиропотока по основному направлению станут для этого достаточными*.

Кельн — третий по величине город ФРГ с населением 0,9 млн. человек. Город расположен на обоих берегах Рейна, важнейшей водной артерии страны; на расстоянии 25 км к югу от него находится столица — Бонн, а на расстоянии 50 км к северу — Рурская конурбация.

Планировка города Кельна типична для большинства старых городов ФРГ. Основной вид городского общественного транспорта — трамвай. Сообщение с пригородами осуществляется по железной дороге и автобусами**.

Необходимость сооружения в центральной части Кельна подземных линий городского рельсового транспорта была вызвана значительным падением скорости движения автомобилей, авто-

* Несмотря на это уже рассматривается вопрос о строительстве метрополитена.

** Троллейбус в Кельне ликвидирован, поскольку он создал дополнительные задержки на перекрестках и поворотах улиц.

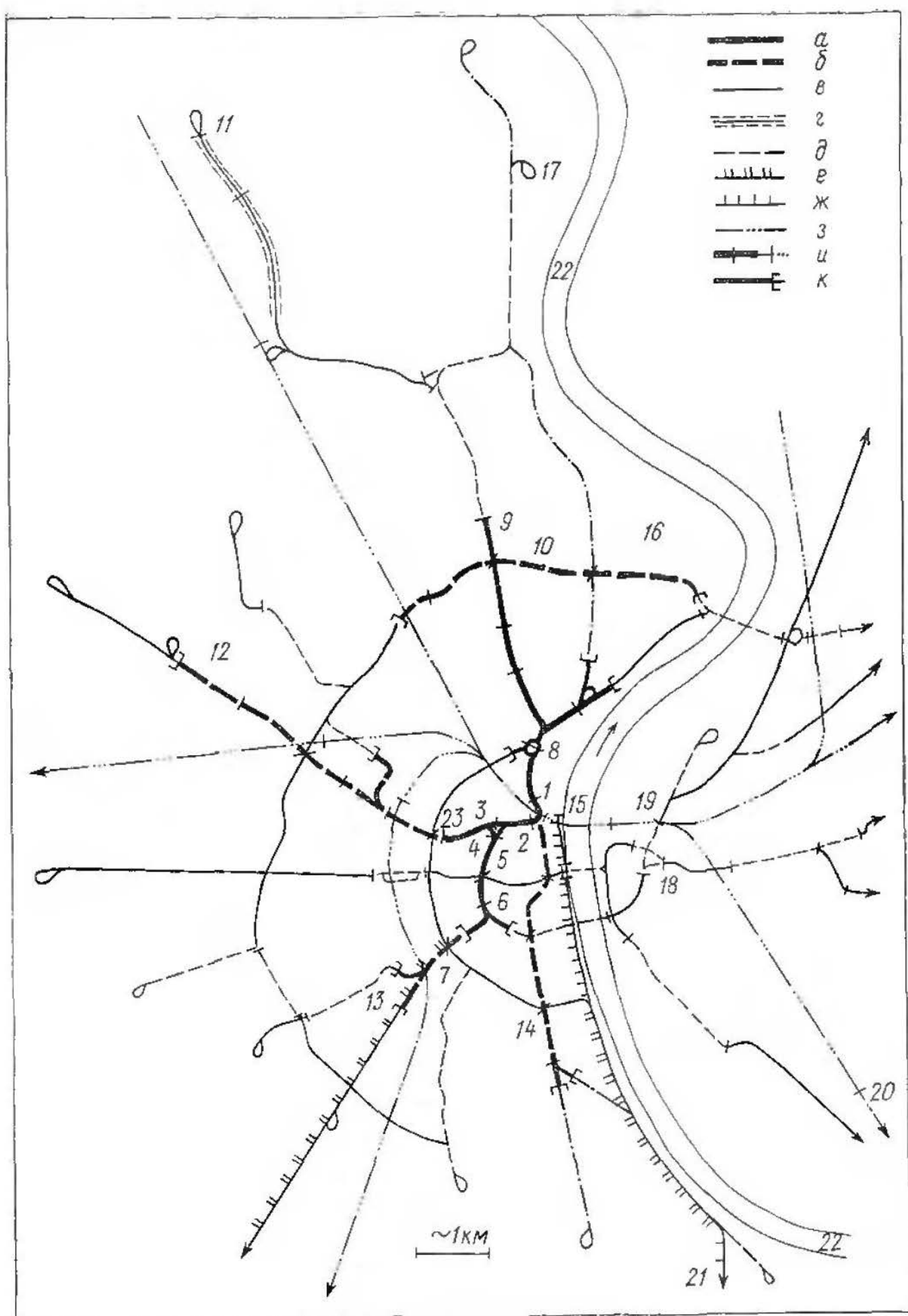




Рис. 11. Рампа в сторону пл. Барбароссы (Кёльн)



Рис. 12. Станция подземного трамвая у главного вокзала (Кёльн)

бусов и трамвая вследствие увеличения задержек на перекрестках и помех в уличном движении. Автомагистрали, сооруженные на периферии и в пригородах, не могли быть введены в центральные районы из-за недостаточной ширины улиц.

В 1960—1962 гг. был составлен проект развития трамвая со строительством подземных участков. Предполагалось доста-

Рис. 10. План перспективного развития скоростного трамвая в Кельне

а — подземные линии трамвая эксплуатируемые; *б* — то же, сооружаемые и проектируемые; *в* — трамвайные пути на обособленном полотне; *г* — то же, в выемке (скоростная линия к Хорвейлеру); *д* — трамвайные линии на улицах. Пути с дорожным покрытием; *е* — пути, по которым следуют поезда городского и междугородного (КВЕ) трамваев; *ж* — пути, по которым следуют только поезда междугородного трамвая; *з* — железнодорожные линии; *и* — станции на подземных линиях трамвая и железных дорог; *к* — рампа; *1* — станция «Бреслауерплац»; *2* — станция «Главный вокзал и Кельнский собор»; *3* — станция «Аппельхоф»; *4* — станция «Широкая ул.»; *5* — станция «Новый рынок» (центр города); *6* — станция «Почтовая ул.»; *7* — станция «Барбароссаплац»; *8* — станция «Эбертплац»; *9* — ул. Нейсер; *10* — Парковый пояс; *11* — город-спутник Хорвейлер; *12* — ул. Вендозер; *13* — Люксембургская ул.; *14* — ул. Южная Северин; *15* — Прирейнская линия междугородного трамвая КВЕ; *16* — речной порт; *17* — автомобильные сборочные заводы Форда; *18* — заводы Дейца; *19* — ярмарки; *20* — аэропорт; *21* — направление к Бонну; *22* — р. Рейн; *23* — Фризенплац

точно разветвленную сеть центральной части города почти всю перенести под землю, сохраняя направление под теми же улицами. При этом в тоннелях, соответствовавших изгибам улиц, сохранились кривые участки и пересечения в одном уровне.

Строительство тоннелей ведется открытым способом, так как применение закрытого способа в грунте с повышенным уровнем грунтовых вод и крупным гравием увеличивает стоимость работ. Кроме того, щитовой способ применим при глубоком заложении, а в Кельне в интересах пассажиров сооружаются подземные линии с возможно меньшим заглублением. Так как при открытом способе обычно нарушается уличное движение, то на время работ улицы частично или полностью закрываются.

В тех случаях, когда на кривых участках тоннель сооружается под зданиями, под их фундаменты подводятся железобетонные или металлические балки, которые воспринимают нагрузку от фундаментов и распределяют ее на грунт за пределами тоннеля или передают на новые сваи. Для повышения прочности грунта широко используются химические способы его закрепления. Стенки котлована глубиной 12—18 м крепятся металлическим шпунтом.

В первую очередь сети подземных станций вошло северо-западное направление (рис. 10). Движение между станцией «Главный вокзал» 2 и «Фризенплац» 23 открыто в октябре 1968 г., а между «Бреслауерплац» 1 и «Почтовой улицей» 6 — в октябре 1970 г. с общим протяжением 4,4 км. В узлах у «Аппельхофа» 3 и за «Почтовой улицей» 6 сохранены пересечения разветвляющихся путей в одном уровне и применена простейшая сигнализация. Станция «Аппельхоф» двухъярусная: платформа одного направления расположена над платформой обратного направления. Это решение обусловлено стесненностью уличного пространства и стремлением избежать дополнительных пересечений путей в узле у этой станции. В зависимости от намеченной очередности строительства подземных участков ramпы сооружаются постоянными (рис. 11) или временными.

Платформы подземных станций низкие, высотой от головки рельса 0,35 м (рис. 12); устройство высоких платформ не предусмотрено, хотя габаритом тоннеля обеспечена возможность пропуска вагонов ГЖД шириной 2,65 м. Современные вагоны кельнского трамвая имеют ширину 2,5 м. Движение правопутное, выход из вагонов только на правую сторону; островных платформ нет.

На подземных линиях предусмотрено большое число входов на станциях: на станции «Главный вокзал» — пять входов, из них три с эскалаторами, на станции «Новый рынок» — одиннадцать и т. д.

Минимальный радиус кривых, равный в Кельне 64 м, ограничивает возможность повышения скорости. Максимальный подъем на трассе 3,3‰, на временных ramпах — 4‰.



Рис. 13. Путь на обособленном полотне на Аахенерштрассе (Кёльн)

Среднее расстояние между подземными станциями 500 м, на наземных линиях периферии — 700 м. Скорость сообщения в центре города 24 км/ч, на вылетных линиях 30 км/ч. Установившаяся скорость 70 км/ч достигается только на периферийных перегонах, а на таких же перегонах в тоннеле скорость развивается не более чем 45 км/ч.

Особенность устройства наземной сети трамвая заключается в расположении путей большого протяжения (65%) на обособленном полотне. В качестве ограждения чаще всего применяется кустарник (рис. 13).

В Кельне изменилась точка зрения на целесообразность сооружения в периферийных районах длинных тоннельных участков. Так, к городу-спутнику Хорвейлер 11 скоростной участок проложен в выемке.

К концу 1974 г. протяжение участков с путями (в тоннеле, на эстакаде и на обособленном полотне) составило 20,4 км: в тоннелях 11,1 км, на мостах и эстакадах 2,6 км, в выемках и на рампах 3,9 км и на насыпях 1,6 км. В 1975 г. введена в эксплуатацию подземная станция «Эбертплац» 8, где сходятся пути четырех направлений и участок протяженностью 7 км Паркового пояса 10, включающего эстакады, насыпь и короткий тоннель под железной дорогой. Дальнейшее строительство подземных линий в направлении ул. Вензолер 12, Люксембургской

ул. 13 и от Главного вокзала под ул. Южной Северин 14 сроками не определено.

Благодаря открытой для движения части подземной сети в значительной мере решена проблема связи центра с периферийными районами. По тоннелям проходит половина трамвайных маршрутов города, связывающих основные направления от центра (кроме запада и юго-востока).

В Кельне, по сравнению с другими городами ФРГ, преимущественно применяются сочлененные вагоны: 70% вагонов восьми- и шестиосные. Кельнский восьмиосный вагон длиной 30 м вмещает 290 пассажиров, в том числе 90 сидящих. Намечено ввести в эксплуатацию новые шести- и восьмиосные вагоны типа «Кельн», отличающиеся от существующих наличием дверей с двух сторон и постов управления на обоих концах вагона, возможностью приема пассажиров с платформ разной высоты и значительным увеличением мощности двигателей. Эти вагоны позволят в будущем легче перейти к режиму ГЖД. Два вагона типа «Кельн» находятся в опытной эксплуатации с 1973 г.

Энергоснабжение тоннельных участков осуществлено через подстанции, работающие на кремневых выпрямителях. Контактная сеть в тоннелях простая, подвешенная на изолированных кронштейнах, укрепленных через 8 м. Держатели рабочего провода (сечением 100 мм²) сделаны эластичными.

Из опыта строительства Кельнского подземного трамвая можно сделать следующие выводы: необходимо избегать устройства узлов под землей, их следует располагать на поверхности земли, где лучше видимость, выше безопасность, дешевле сооружение, в том числе сигнализация и блокировка; кривые в тоннельных участках должны иметь большие радиусы, обеспечивающие возможность увеличения скорости движения; тоннельные участки можно сооружать только в центральных районах города, применяя везде, где возможно, наземные трассы с развязками движения в разных уровнях с автомобильными магистралями.

Опыт первого в ФРГ трамвая с подземными участками учтен при проектировании скоростного рельсового транспорта в городах Рурской области, Ганновере, Штутгарте и городах Бельгии.

Рур — один из крупнейших в Западной Европе промышленных районов, представляющий собой крупную конурбацию с населением 6 млн. человек. На заводах, шахтах и других промышленных предприятиях Рура трудятся жители многих городов, из которых наиболее крупными являются Дуисбург (0,5 млн. жителей), Дюссельдорф (0,7 млн.), Эссен (0,8 млн.), Гельзенкирхен (0,4 млн.), Бохум (0,4 млн.), Дортмунд (0,7 млн.), Вупперталь (0,5 млн.), Хертен (0,2 млн.). Между населенными пунктами весьма часто отсутствуют разрывы, и зоны тяготения крупных городов здесь сливаются. Расстояние между крайними

пунктами населенного района вдоль р. Рур равно приблизительно 70 км, а с севера на юг — 50 км.

Основными видами транспорта в городах и междугородных сообщениях Рура являются трамвай, железная дорога и в меньшей степени автобус. Отдельные трамвайные маршруты начинаются в одном и заканчиваются в другом городе.

Протяжение трамвайных линий в городах Рурского района составляет: в Эссене — 340 км, Дюссельдорфе — 200 км, Бохуме — 200 км, Хертене — 200 км, Вуппертале — 100 км. Таким образом, имеется база для сооружения СЛТ.

В связи с увеличением парка индивидуальных машин и возникшими вследствие этого затруднениями движения через центральные районы с узкими улицами перечисленных городов в конце 50-х годов были проведены поиски способов разрешения транспортной проблемы. Следует отметить, что, несмотря на продолжающуюся более 75 лет эксплуатацию Вуппертальской подвесной дороги и опыты по эксплуатации навесной дороги под Кельном, сооружение новых монорельсовых дорог признано нецелесообразным.

Имеются сведения, что в 60-х годах было начато проектирование подземных линий обычного трамвая: в Бохуме — длиной 17,5 км, в Дортмунде — 15 км, в Дуйсбурге — 4,6 км и метрополитена в Дюссельдорфе — 12,7 км. Осуществлены проекты только в двух городах, построены и в 1967 г. открыты подземные участки в Дортмунде и Эссене.

С целью объединения усилий в разрешении транспортной проблемы конурбации создано, по примеру аналогичных организаций, действующих в Гамбурге и Мюнхене, Объединение местного пассажирского транспорта Рурского района, разработавшее перспективную сеть ГЖД, которую намечено в будущем создать на базе линий скоростного трамвая с подземными участками. Очевидно, что на первом этапе необходимо будет построить и реконструировать трамвайную сеть крупных городов Рура.

Одновременно Управлением федеральных железных дорог разработана перспективная сеть скоростных линий для городских, пригородных и межселенных сообщений в Рурском районе — СПГЖД. Сети указанных видов транспорта взаимно координированы (рис. 14), но сроки ввода их в эксплуатацию определены только на отдельные участки.

Поскольку будущая ГЖД отличается по своим техническим параметрам и режиму эксплуатации от СПГЖД (различный габарит, система электроснабжения, мощность двигателей, система сигнализации), то эти две сети невозможно будет объединить в одну. Вследствие этого особое внимание уделяется удобному размещению пересадочных узлов.

На основе расчета перспективных пассажиропотоков в каждом из больших городов Рурского района запланирован ряд

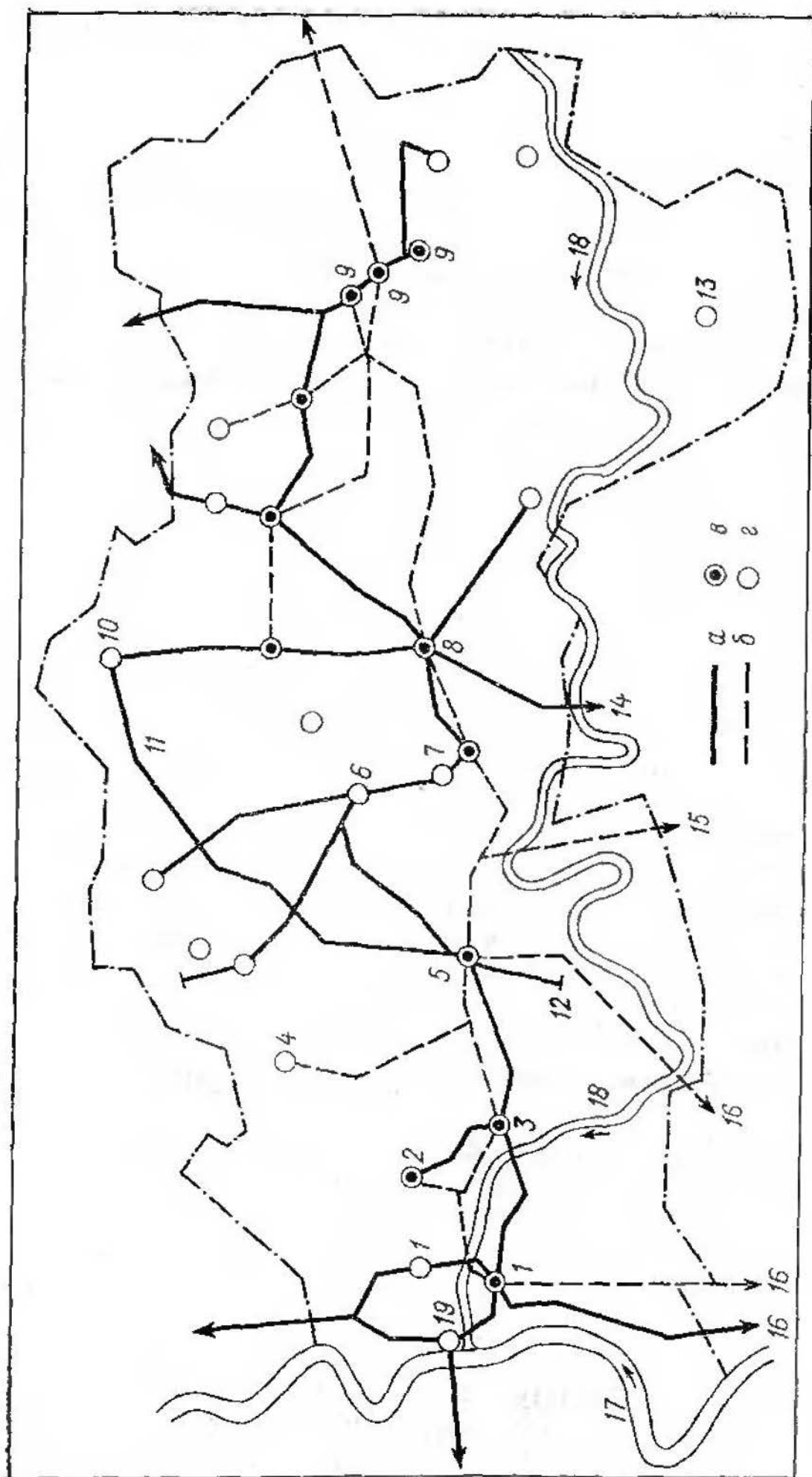


Рис. 14. Схема перспективного развития скоростного рельсового транспорта в Рурском районе

а — ГЖД и скоростной трамвай; б — линии государственных железных дорог с проектируемой организацией пригородно-городских сообщений (СПГЖД); в — пересадочные пункты; г — центры населенных мест; 1 — Дуйсбург; 2 — Обергаузен; 3 — Мюльгейм; 4 — Ботроп; 5 — Эссен; 6 — Гельзенкирхен; 7 — Хонтроп; 8 — Бохум; 9 — Дортмунд; 10 — Реклингхауз; 11 — Херген; 12 — Бреденей; 13 — Хаген; 14 — направление на Хаттинген; 15 — направление на Вупперталь; 16 — направление на Дюссельдорф; 17 — р. Рейн; 18 — р. Рур; 19 — Хомбург

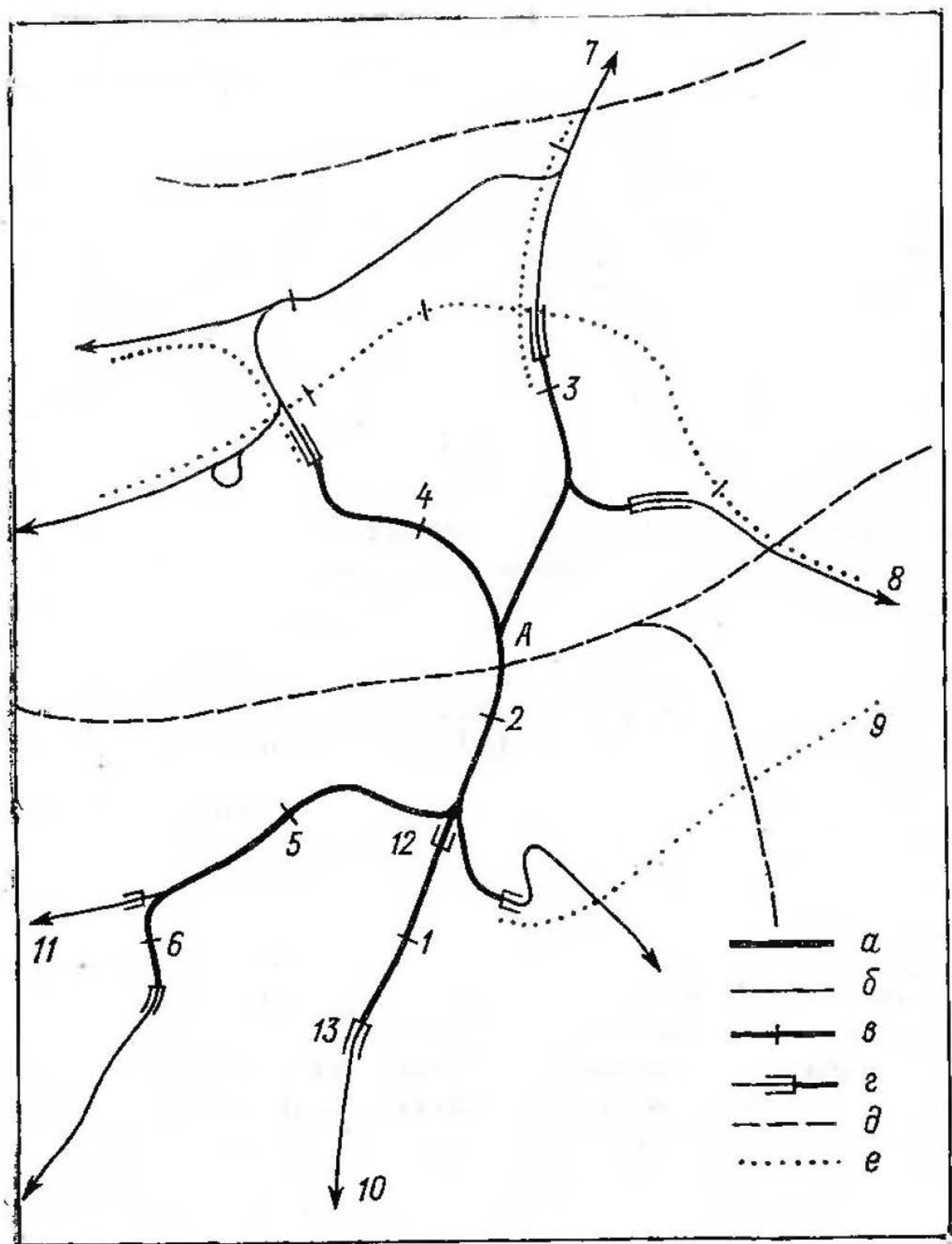


Рис. 15. Перспективный план сети скоростного трамвая в центральной части Эссела

а — подземные участки скоростного трамвая; *б* — то же, наземные; *в* — подземные станции; *г* — рампы; *д* — железная дорога; *е* — участки скоростного трамвая, которые предполагается соорудить подземными после 1980 г.; 1 — станция «Саальбау»; 2 — станция «Главный вокзал»; 3 — станция «Ратуша»; 4 — станция «Венская площадь»; 5 — станция «Бисмаркплац»; 6 — станция «Югендцентр»; 7 — направление на Гельзенкирхен; 8 — направление на Край; 9 — направление на Стесле; 10 — направление на Бреденей; 11 — направление на Мюльхейм; 12–13 — первый подземный участок, открытый в 1967 г.

линий скоростного трамвая с подземными участками в наиболее стесненных центральных районах. Проектирование и строительство их ведется с учетом возможности преобразования в будущем в систему ГЖД.

В Эссене в 1964 г. начато строительство, а в 1967 г. введен в эксплуатацию первый подземный участок протяжением 600 м со станцией «Саальбау» (рис. 15, 12—13). В настоящее время ведется строительство всей подземной трассы протяжением 3,7 км (линии, отнесенные на далекую перспективу, рис. 16, е). Подземная сеть скоростного трамвая состоит из центрального участка длиной около 0,5 км, который разветвляется на семь радиальных направлений. За пределами тоннельных участков пути скоростного трамвая выносятся на обособленное полотно.

Сооружаемые и реконструируемые линии соответствуют уже требованиям ГЖД: длина платформ 105 м, ширина будущего вагона 2,65 м; минимальный радиус кривых 180 м, максимальный подъем 4%.

Перевод этих линий с эксплуатации трамваем на эксплуатацию поездами ГЖД представит известные трудности из-за разной ширины колеи и может быть осуществлен участками, с перерывами движения на ряде маршрутов.

В центральной части Эссена из-за стесненных условий пришлось строить тоннели мелкого заложения под зданиями, что потребовало в ряде случаев возведения новых фундаментов, на которые посредством балок передаются нагрузки от зданий (рис. 16).

Г а н н о в е р — административный центр земли Нижняя Саксония, крупный железнодорожный узел с населением 0,6 млн. человек.

В центре города ведется строительство нескольких подземных участков. На периферии города пути реконструируются — укладываются на обособленное полотно, в ряде мест пересекающее поперечные улицы в разных уровнях.

Платформы на подземных станциях, в отличие от устраиваемых в Кельне, сооружаются только высокими, поэтому трамвайные вагоны для эксплуатации в тоннелях оборудованы откидной и закрывающейся подножкой. Это вызвано предположением заменить в перспективе трамвайные вагоны вагонами метрополитена, причем шириной 2,80 м, а не 2,65 м, как принято для ГЖД ФРГ.

Б о и н — столица ФРГ с населением 0,2 млн. человек. В связи с включением в городскую черту окрестных населенных пунктов население Большого Бонна увеличилось до 0,4 млн. человек. Под главной улицей города вдоль Рейна построен тоннель, по путям которого пропускаются вагоны городского и двух междугородных трамваев. Одним из последних является КВЕ, соединяющий Бонн с Кельном. По первому участку протяженностью 7,5 км, из которых 3,2 км приходится на тоннель, движение открыто в начале 1975 г. Эксплуатируются поезда, состоящие из двух шестиосных сочлененных вагонов серии В фирмы «Дюваг», мало отличающиеся от вагонов типа «Кельн».

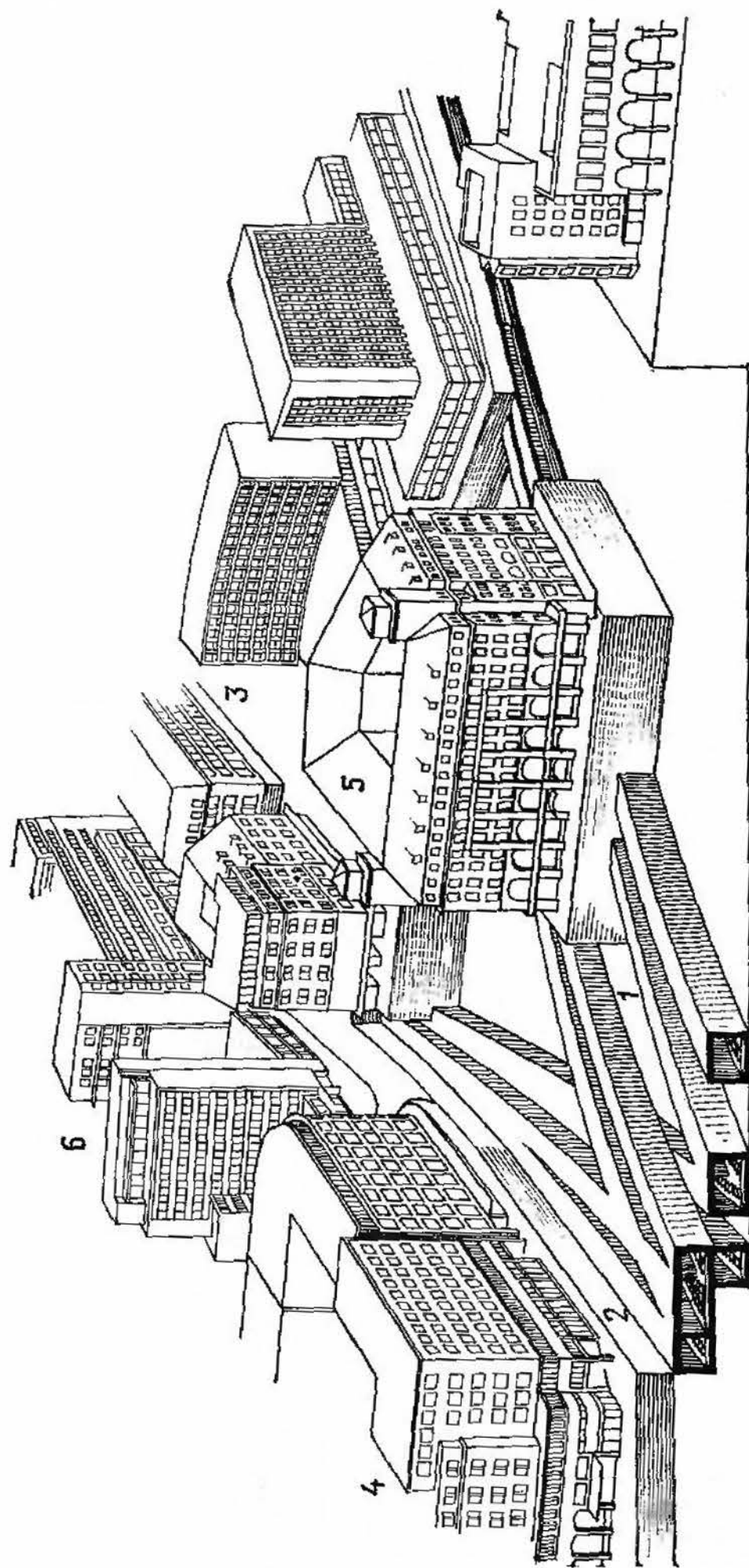


Рис. 16. Подземный узел путей скоростного трамвая в центре Эссена

1 — Восточная ветвь на Гельзенкирхен; 2 — Западная ветвь на Борбек; 3 — Кетвигерштрассе; 4 — почтамт; 5 — универмаг; 6 — банк

К СЛТ, близким по характеристикам к линиям ГЖД, относятся также описанные выше (§ 4) и проектируемые в городах США и Канады линии LRV.

§ 7. ЭКСПЛУАТАЦИЯ СКОРОСТНОГО ТРАМВАЯ НА ЛИНИЯХ МЕТРОПОЛИТЕНА

Возможны два способа использования скоростным трамваем путей метрополитена: первый заключается в организации совместной эксплуатации путей поездами скоростного трамвая и метрополитена, второй — во временном пропуске поездов скоростного трамвая по отдельным готовым участкам линии метрополитена.

Наибольший интерес представляет первый способ, который применяется во Франкфурте-на-Майне и намечен в Штутгарте; второй применяется в Нюрнберге, Роттердаме и др.

Совместная эксплуатация линий метрополитеном и скоростным трамваем

Франкфурт-на-Майне — один из самых крупных промышленных городов ФРГ с населением 0,8 млн. человек, являющийся центром агломерации, включающей ряд городов, курортов и поселков, отличающийся высокой плотностью населения, уступающей только Рурской. В районе тяготения пассажиров к центральному городу проживает 2,8 млн. человек, а в окружающих городах Дармштадт (на расстоянии 30 км) — 0,2 млн., Майнц (40 км) — 0,15 млн., Ханау (20 км) — 0,1 млн., в городах-курортах Висбаден (40 км), Наугейм, Годесберг и других — 0,3 млн. человек. Кроме того, вблизи Франкфурта построен город-спутник Нордвестштадт. Предполагается, что к 1980 г. в районе тяготения будет жить 3,1 млн. человек, а приезжать ежедневно на работу во Франкфурт из пригородов будет 210 000 человек.

По степени насыщения автомобилями Франкфурт-на-Майне занимает одно из первых мест среди городов ФРГ (один автомобиль на четыре жителя), что сильно затрудняет движение на улицах, особенно в его центральной части. Для решения транспортной проблемы были рассмотрены следующие варианты: а) полное упразднение трамвайной сети (в городе 26 маршрутов, их общая длина 350 км) и введение автобусных маршрутов; б) модернизация существующей сети трамвая; в) перенос трамвайной сети под землю с сохранением конфигурации сети и узлов; г) применение монорельсовых дорог типа «Альвег»; д) строительство метрополитена. Для доставки пригородного населения предусматривалась реконструкция железнодорожной сети.

По результатам исследовательских работ было установлено целесообразным строительство соединительной железнодорожной линии и сети ГЖД и предусмотрено преобразование отдельных линий трамвая в скоростные. Соединительная железнодорожная линия протяжением 6,2 км с тринадцатью пригородными электрифицированными ветвями образует систему СПГЖД (рис. 17). Она сооружена в виде подземного железнодорожного метрополитена с несколькими станциями, большинство из которых в будущем станут пересадочными.

Строительство ГЖД (названной во Франкфурте-на-Майне метрополитеном) начато в 1963 г.; первая линия была открыта для движения поездов ГЖД и трех маршрутов скоростного трамвая в октябре 1968 г.

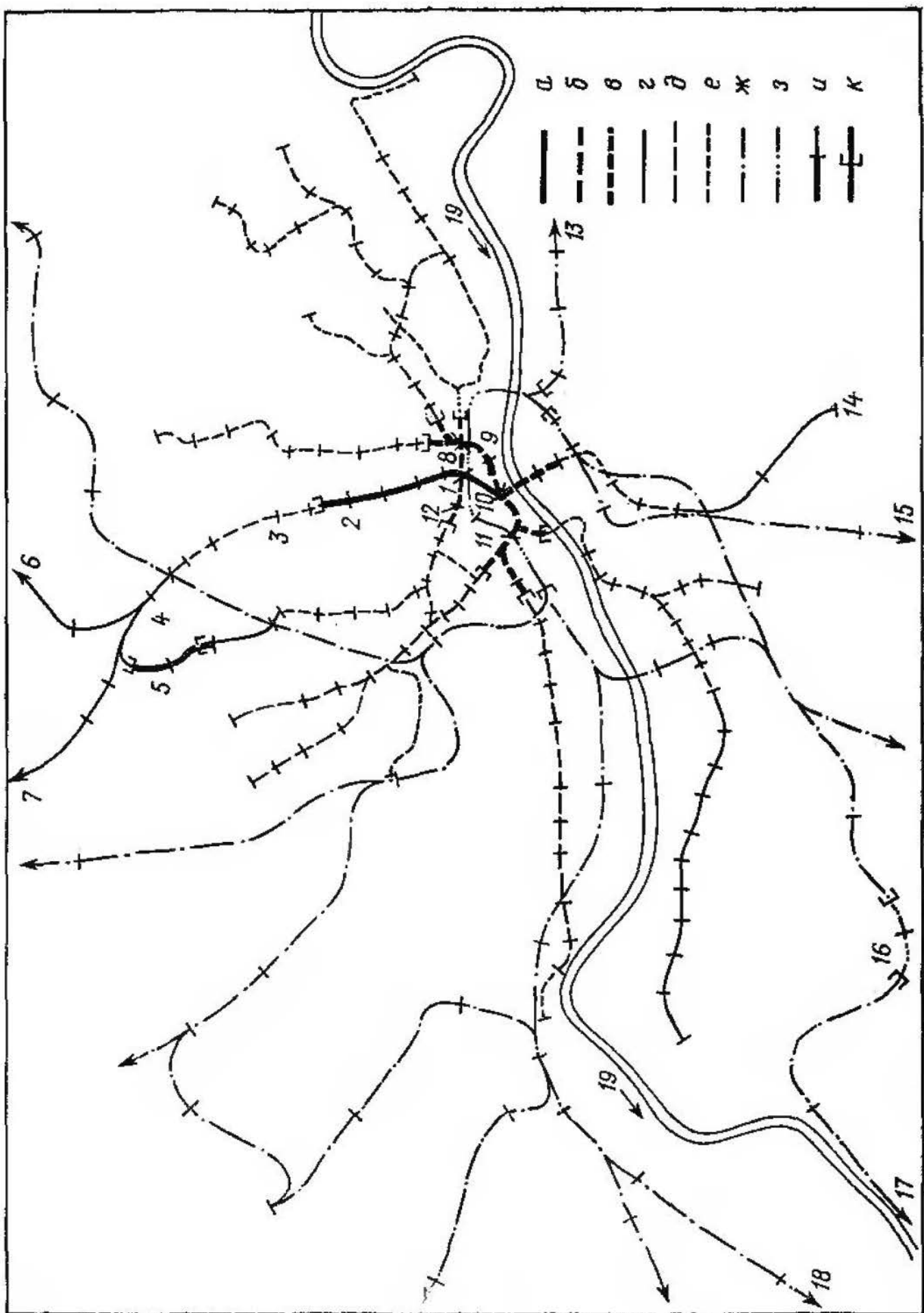
Применение контактного провода вместо третьего рельса позволило устроить на наземных участках переезды с безрельсовым транспортом в одном уровне (рис. 18). Своеобразным является применяемый здесь способ совмещенной эксплуатации, позволяющий выпускать поезда скоростного трамвая как на специальные скоростные линии, так и на обычные в центре города.

В перспективе намечено обычные трамвайные линии реконструировать и преобразовывать в скоростные, а последние в свою очередь — в линии ГЖД. Общее протяжение всех линий ГЖД в перспективе должно составить 125 км, в том числе 36 км в тоннеле. По трамвайным линиям, которые будут сохранены, намечено также пропускать поезда ГЖД.

Таким образом, Франкфурт-на-Майне оказался первым городом в ФРГ, в котором осуществляется стадийное строительство ГЖД, практически не мешающее уличному движению и обеспечивающее постепенное преобразование трамвая в ГЖД. Другая положительная особенность ГЖД этого города заключается в сохранении высокого маршрутного коэффициента, что весьма удобно для пассажиров.

На трассе ГЖД встречаются три вида полотна, которые намечено сохранить на неопределенный срок, а именно: в тоннеле, обособленное или собственное, изолированное от других видов транспорта (без пересечений в одном уровне), и обособленное, но с пересечениями в одном уровне для проезда легковых автомобилей.

Совместная эксплуатация организована на участке от «Хауптвахе» (рис. 18, 1) до развилки за «Хедерхеймом» (рис. 18, 4) протяженностью 8 км, из которых 3,1 км приходится на тоннель. Около «Хауптвахе» (на Галлусштрассе) устроена рампа для выхода трамваев из тоннеля на наземные пути. На участке пять подземных и семь наземных станций (рис. 19 и 20). После развилки трамваи по своим путям следуют на Оберурсель и курорт Бад Хомбург, а поезда ГЖД — к станциям Нордвестштадт. На пути ГЖД после развилки имеется еще тоннель дли-



ной 0,9 км. В 1972 г. ответвление на Бад Хомбург реконструировано — маршрут трамвая заменен маршрутом ГЖД.

Движение всех поездов организовано строго по расписанию. Благодаря большим интервалам (5—6 мин) разница в установленной скорости, развиваемой на перегонах поездами скоростного трамвая (70 км/ч) и ГЖД (80 км/ч), незначительна. Скорость сообщения трамвая как на участке с совмещенной эксплуатацией, так и за пределами этого участка приблизительно равна 38 км/ч.

Вагоны ГЖД во Франкфурте-на-Майне шестиосные сочлененные двусторонние, длиной 23 м, шириной 2,65 м; масса тары 29,5 т; вместимость 231 пассажир, в том числе 64 сидящих; имеются три тележки, из них две моторные и одна несущая механизм сочленения; мощность двух тяговых двигателей в длительном режиме 300 кВт. В скоростном трамвае вагоны моторные шестиосные сочлененные односторонние серии Mt, прицепные — четырехосные. Ширина вагонов 2,3 м. На вагонах, обращающихся по путям метрополитена, сбоку, на уровне платформы, имеется выступ шириной 15 см, устраняющий зазор между вагоном и платформой (рис. 21).

Проходка тоннелей ГЖД выполнена методом закрытой траншеи сечением 8,70×6,50 м. Расстояние между стенами тоннеля 7,15 м, высота 4,80 м. Тоннель расположен на глубине 12—16 м (в отдельных местах до 20 м). Подземные станции оборудованы эскалаторами.

Штутгарт — административный центр земли Вюртемберг-Баден (ФРГ) с населением 0,7 млн. человек. Город расположен в глубокой долине; топографические условия для городского транспорта довольно сложные.

В 1959 г. было намечено большую часть трамвайных линий в центре города перенести под землю, включая узлы с кривыми малых радиусов и оборотные петли. Работы по строительству тоннелей были начаты, однако в дальнейшем выяснилось, что на перенос путей под землю потребуются большие затраты, а существенного увеличения скорости сообщения достигнуть не

Рис. 17. Перспективная схема развития скоростного рельсового транспорта Франкфурта-на-Майне

а — подземные участки ГЖД, эксплуатируемые поездами ГЖД и скоростного трамвая; б — сооружаемые подземные участки; в — проектируемые подземные участки; г — наземные участки на обособленном полотне без пересечений в одном уровне; д — то же, с пересечениями автомобилями в одном уровне; е — пути с дорожным покрытием на улицах; ж — железнодорожные пути, включаемые в систему пригородно-городских сообщений (СПГЖД); з — сооружаемая подземная соединительная линия железной дороги; к — рампа; и — станция; 1 — станция «Хауптвахе»; 2 — станция «Аллея Адике»; 3 — станция «Фриц Тарнов»; 4 — Хедерхайм (станция и депо ГЖД и скоростного трамвая); 5 — Нордвестштадт (город-спутник); 6 — Бад Хомбург (курорт); 7 — Оберурсель; 8 — Констаблервахе; 9 — Римская ул.; 10 — Театральная площадь; 11 — Главный вокзал; 12 — Таунустор; 13 — г. Оффенбах; 14 — Новый Изенбург; 15 — г. Дармштадт; 16 — международный аэропорт; 17 — г. Майнц; 18 — г. Висбаден; 19 — р. Майн.



Рис. 18. Пересзд через пути, совместно эксплуатируемые поездами ГЖД и скоростного трамвая во Франкфурте-на-Майне

удастся. В результате проект дважды переделывался. В окончательном виде он представляет собой сеть метрополитена, подлежащую в течение более 10 лет эксплуатации только подвижным составом трамвая, в дальнейшем — одновременно (по разным маршрутам) вагонами трамвая и метрополитена и, наконец, в перспективе — только вагонами метрополитена (одновременно были начаты работы по строительству соединительной железнодорожной линии, необходимой для образования СПГЖД).



Рис. 19. Платформа подземной станции «Хауптвахе»



Рис. 20. Платформа наземной станции «Хюгельштрассе»

На эксплуатацию тоннелей трамвайными поездами существенно повлияли два фактора: приобретение 350 современных трамвайных вагонов типа GT-4 и введенное с 1 января 1967 г. повышение цен на минеральное горючее (в виде косвенного налога), в результате чего муниципалитет финансировал строительство метрополитена на сумму около 385 млн. марок.

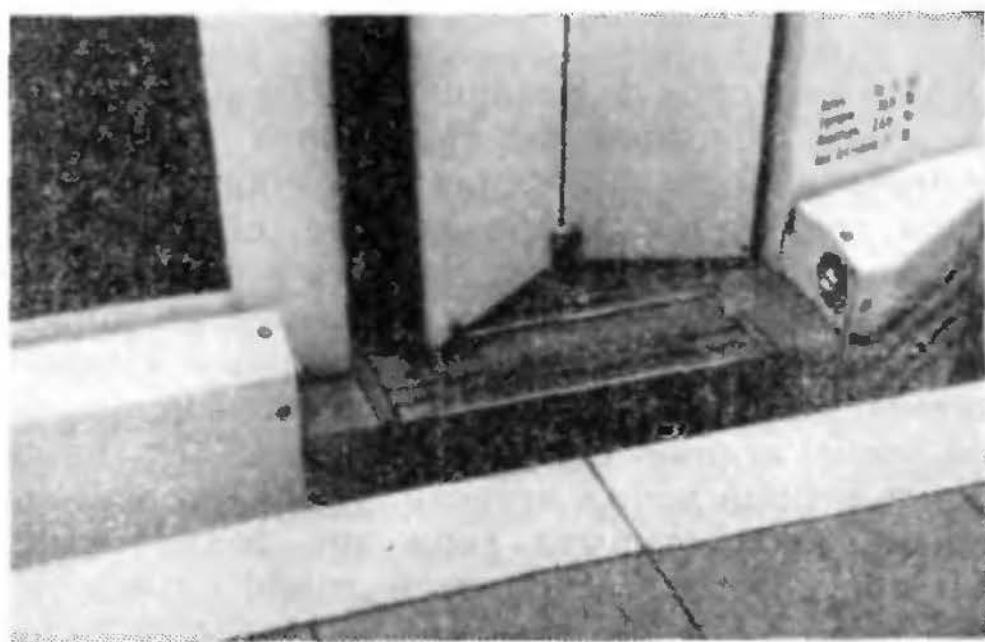


Рис. 21. Боковой выступ и откидная ступень на трамвайных вагонах во Франкфурте-на-Майне, эксплуатируемых на путях трамвая и ГЖД

Сеть метрополитена образует единую систему с СПГЖД. Перегонные тоннели метрополитена и станции строятся мелкого заложения, как правило, траншейным способом. Все входы на станции совмещаются с пешеходными переходами. Станции имеют боковые платформы. Готовые участки тоннелей соединяются с поверхностью через временные ramпы.

Перегонные тоннели имеют прямоугольное сечение шириной 7,5 м и высотой 4,7 м. Ширина вагонов трамвая 2,2 м, а будущего метрополитена 2,65 м, причем габариты тоннеля позволяют использовать вагоны шириной даже 2,9 м. Пути в тоннелях укладываются с тремя рельсами, поскольку ширина колеи трамвая (1000 мм) отличается от колеи метрополитена (1435 мм).

Строительство первого подземного участка протяженностью 4,7 км завершено в 1967 г., второй и третий участки введены в эксплуатацию в 1972 г. Первая станция (Шарлотенплац) построена с низкими платформами, но на последующих станциях низкие платформы сооружены только на половине длины, а на другой половине — высокие, что обусловлено предстоящей смешанной эксплуатацией.

Вена. Вторая подземная линия трамвая в Вене (см. § 5) протяженностью 3,4 км, проходящая вдоль Эйхенерштрассе, Витмайерштрассе и др., эксплуатируется совместно трамвайными и железнодорожными поездами местного сообщения Вена — Баден.

При сооружении тоннеля открытым способом были использованы обходные рельсовые пути.

Временная эксплуатация путей метрополитена городским трамваем

Временное использование путей метрополитена городским трамваем имеет место в двух городах — Нюрнберге и Роттердаме.

Нюрнберг — город в Баварии (ФРГ) с населением около 0,5 млн. человек. Основной вид транспорта — трамвай. В связи с ростом интенсивности движения автомобильного транспорта сооружаются три линии метрополитена общим протяжением 42 км. В течение 1972—1975 гг. введена в эксплуатацию часть первой линии протяжением 7,5 км, в том числе тоннель 4,3 км. В отличие от рассмотренных выше примеров в Нюрнберге пути метрополитена в будущем не предполагается использовать для смешанной эксплуатации. Однако в конце 1970 г. на противоположном конце первой линии метрополитена (на эстакадном участке) временно было открыто движение трамвайных поездов. В будущем при переводе эстакадной линии на режим эксплуатации метрополитена воздушная контактная сеть будет снята и заменена контактным рельсом, а низкие боковые платформы эстакадного участка будут переоборудованы на высокие железобетонные.

Путевая конструкция на эстакаде, в тоннеле и на наземных участках на большом протяжении обычная — шпалы уложены на щебеночное основание. Здесь широко проводятся опыты с безбалластным верхним строением. В некоторых опытных конструкциях применена эпоксидная смола, в частности, в качестве выравнивающего слоя между шпалами и подкладками.

В Роттердаме в аналогичных условиях также осуществлена временная эксплуатация путей метрополитена поездами трамвая.

§ 8. СЛТ С ПОДЗЕМНЫМИ УЧАСТКАМИ, НЕ НАМЕЧАЕМЫЕ К ПЕРЕУСТРОЙСТВУ В ЛИНИИ МЕТРОПОЛИТЕНА

Не всегда планируется переустроить скоростные линии трамвая в линии метрополитена. Есть две группы городов, в которых использование СЛТ в качестве самостоятельного вида транспорта расширяется. К одной из них относятся города с населением более 1 млн. человек (II гр.), в которых имеется развитая сеть метрополитена или другой скоростной транспорт. В этих случаях СЛТ сооружаются по направлениям, где пассажиропотоки на расчетный период не потребуют метрополитена (Бостон, Мельбурн, Чикаго).

К другой группе относятся города с населением менее 1 млн. человек (III гр.), в которых вопрос о строительстве метрополитена еще не ставится. Предполагается, что сооружаемые СЛТ с тоннельными или эстакадными участками, в этих случаях часто называемые полуметрополитенами, в течение ряда десятилетий будут решать транспортную проблему.

СЛТ при наличии в городе метрополитена

Бостон — административный центр штата Массачусетс на северо-востоке США, один из крупнейших в США морских портов и промышленных центров с населением 3,2 млн. человек (II группа).

В Бостоне с 1898 г. эксплуатируется первая в США подземная линия трамвая. В дальнейшем подземные участки развивались в 1914 г., 1932 и 1959 гг. Общее протяжение эксплуатируемых подземных участков скоростного трамвая к 1973 г. равнялось 7,2 км. В 50-х годах число пассажиров, пользующихся трамваем, стало уменьшаться: вначале в связи с расширением автобусного движения, а затем вследствие перенасыщенности города легковым автомобильным транспортом. Основным видом городского транспорта стала скоростная система MBTA*, представляющая пригородно-городской метрополитен.

* Massachusetts Bay Transportation Authority. В настоящее время MBTA перешло в управление трамвайным хозяйством и автобусами. Район действия MBTA включает, кроме Бостона, еще 78 городов-спутников.

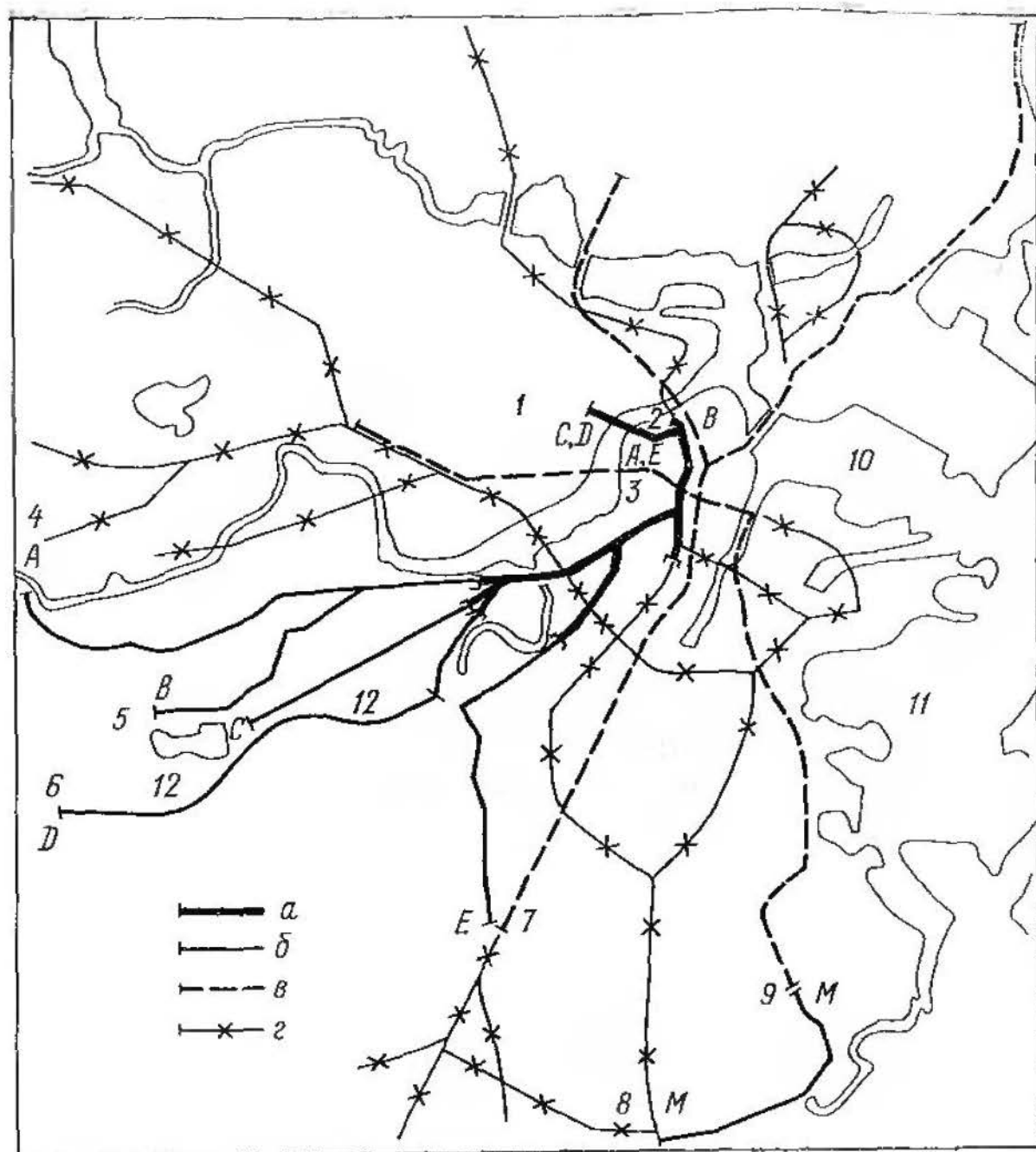


Рис. 22. Схематический план СЛТ в Бостоне (США)

a — подземные участки скоростного трамвая; *б* — скоростной трамвай на собственном или обособленном полотне; *в* — скоростная система MBTA (метрополитен); *г* — ликвидированные линии обычного трамвая; 1 — Лечмер; 2 — Северная станция; 3 — Парковая улица; 4 — Вотертаун; 5 — Бостонский университет; 6 — Риверсайд; 7 — Арборвей; 8 — Матапан; 9 — Ашмонт; 10 — Бостонская гавань; 11 — Дорчестерский залив; 12 — полотно бывшей железной дороги

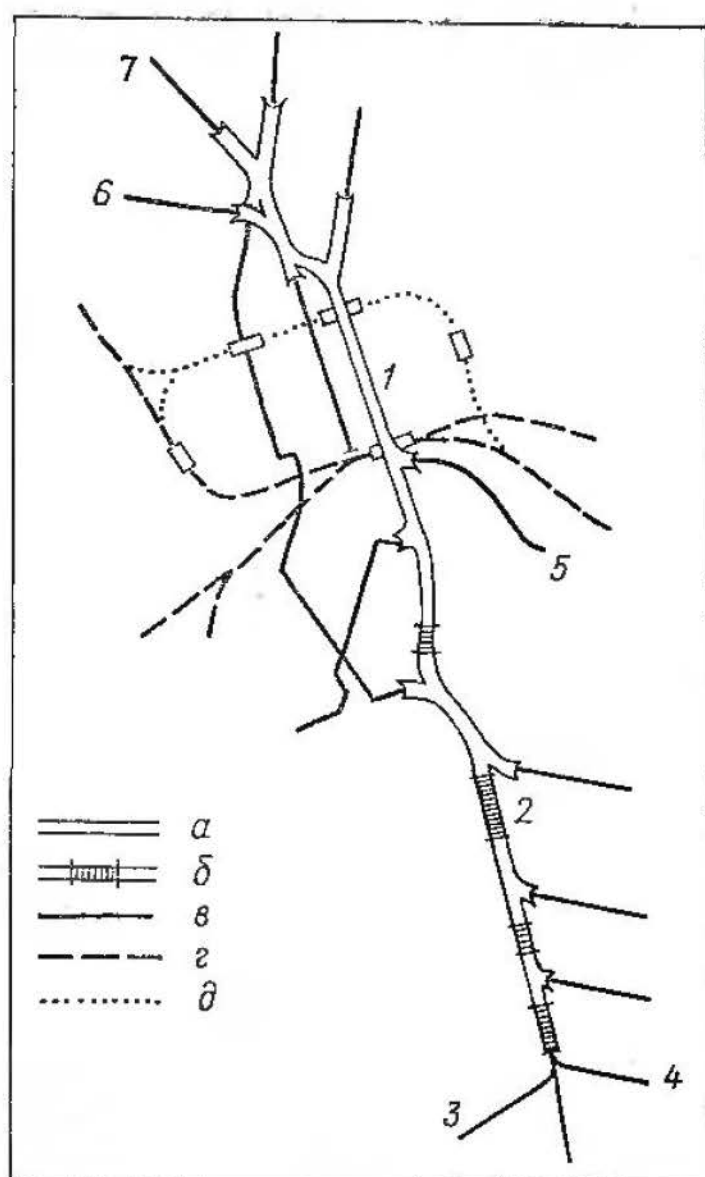
A, B, C, D, E, M — буквенные обозначения маршрутов скоростного трамвая, поставленные на конечных пунктах

С целью повышения скорости сообщения и рентабельности трамвая в период с 1960 по 1965 г. проведена реконструкция транспорта: большинство трамвайных линий на окраинах города, в основном малодейственных, было закрыто, а пассажиропотоки переданы подвозочным автобусам. Вместо 70 оставлено 6 трамвайных маршрутов, проходящих по путям в тоннелях и на обособленном полотне и ставших действительно скоростными (рис. 22). Последний участок пути на общем полотне улицы закрыт в 1967 г.

После реконструкции в Бостоне городского транспорта скоростной трамвай стал вновь привлекать пассажиров. Не все молодежные линии удалось легко закрыть: попытка ликвидировать в 1961 г. трамвайную линию в районе Вотертауна встретила протест жителей, и движение по ней было восстановлено. В другом районе — на Риверсайд — пригородная железная дорога была ликвидиро-

Рис. 23. Проект подземной части трамвайной сети в Мельбурне (Австралия)

а — трамвайная линия в тоннеле; *б* — то же, в выемке; *в* — то же, на улице; *г* — СПГЖД; *д* — проектируемая подземная линия СПГЖД; 1 — ул. Свенстон; 2 — Кильда род; 3 — ул. Фицроу; 4 — Квинвей; 5 — пр. Батман; 6 — ул. Виктории; 7 — ул. Флемингтон



вана, а по ее путям пущен один из маршрутов скоростного трамвая.

Скоростной трамвай в Бостоне не относится к категории метрополитена, так как системы скоростного пригородно-городского транспорта и скоростного трамвая здесь и впредь будут развиваться самостоятельно. Пути скоростного трамвая в тоннелях оборудованы автоматической сигнализацией и блокировкой. Один из тоннельных участков четырехпутный.

В настоящее время реконструируются (модернизируются) подземные станции и постепенно заменяется устаревший подвижной состав. С 1971 г. было приобретено 130 новых четырехосных и шестисосных вагонов типа SLRV с дверьми на обе стороны и двумя постами управления.

Для американских вагонов характерно применение двигателей повышенной мощности, позволяющих развивать скорость до 80 км/ч.

Ликвидация обычных трамвайных путей, проходивших на общем полотне улиц, и расширение сети на собственном полотне явилось причиной существенного повышения эффективности трамвайного транспорта в Бостоне.

Мельбурн — административный центр штата Виктория (Австралия), крупнейший порт страны, железнодорожный узел и промышленный центр с населением около 2 млн. человек.

Несмотря на развитую в окрестностях Мельбурна сеть железных дорог и наличие соединительной линии (железнодорожного диаметра), возрастающее число автомобилей увеличивает транспортные затруднения в центре города.

В связи с этим проектируется строительство метрополитена и намечается дальнейшее развитие СПГЖД как по территории города, так и в окрестностях в радиусе 100 км.

Существующая сеть трамвая охватывает центр города и прилегающие к нему районы в радиусе до 12,5 км. На главной улице Свенстон пассажироперевозки в час пик превышают 5000 человек в одном направлении, поэтому предполагается сохранить трамвай, но построить по этой улице тоннель (в отдельных местах выемки) с многочисленными (тринадцатью) ответвлениями на поперечные улицы (рис. 23). Протяженность подземных участков трамвая составит 6,5 км, на них разместятся девять подземных станций.

На СЛТ намечается эксплуатация одновагонных поездов, следующих один за другим с малыми интервалами*. Тоннель для СЛТ принимается круглого сечения, однопутный, с внутренним диаметром 5,28 м. Минимальный радиус кривых принимается равным 150 м, а максимальная крутизна подъема 5% (на существующей сети трамвая подъемы достигают 8,5%).

СЛТ в городах с населением менее 1 млн. человек

Саратов — областной центр, один из крупнейших портов на Нижней Волге, железнодорожный узел и крупный промышленный центр с населением около 0,8 млн. человек. Пассажирские перевозки в городе осуществляются четырьмя видами транспорта: трамваем (53%), троллейбусом (30%), автобусом (15%) и речным транспортом (2%).

Наиболее загруженное направление — северо-западное, вдоль пр. 50-летия Октября, связывающее Саратов с промышленным районом, отстоящим от центра города на 10—12 км. Пассажиропоток в этом направлении достигает 90 тыс. пассажиров в сутки. Предполагается, что в часы пик в одном направлении будет проезжать 16,5 тыс. пассажиров.

Комплексной схемой развития пассажирского транспорта Саратова предусмотрено строительство СЛТ протяженностью 11,5 км от центра города к северо-западному промышленному району. 8-километровый отрезок трассы включает обособленное полотно существующего трамвая (рис. 24, 4, 5) и два ранее построенных путепровода (рис. 24, 7, 8).

* Большое число выездных рамп позволит организовать движение с высоким маршрутным коэффициентом.

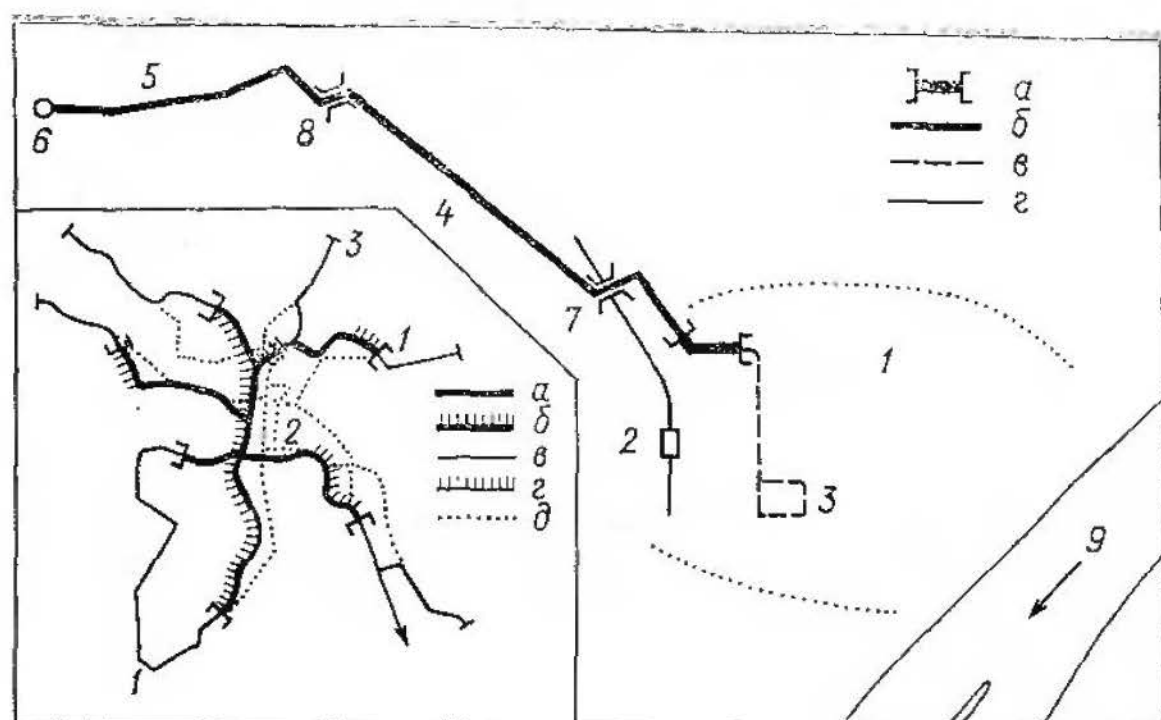


Рис. 25. Перспективный план сети подземного трамвая в Генте

а — намеченные участки подземных линий; б — то же, укладываемые на дно старых каналов; в — наземные линии (существующие и проектируемые); г — то же, укладываемые на дно старых каналов; д — разбираемые трамвайные линии; 1 — железнодорожные станции; 2 — центр города; 3 — доки

Рис. 24. Схематический план СЛТ в Саратове

а — подземный участок СЛТ; б — наземная часть СЛТ; в — участок обычного режима движения; г — железная дорога; 1 — центральная часть города; 2 — железнодорожный вокзал; 3 — конечный пункт ряда маршрутов, в том числе скоростного; 4 — проспект 50-летия Октября; 5 — Гвардейская ул.; 6 — конечная станция СЛТ «6-ая Дачная»; 7, 8 — путепроводы; 9 — Волга

Пересечение с оживленной уличной магистралью решено в двух уровнях (тоннель имеет длину 0,8 км). Намечено также сооружение трех подземных пешеходных переходов.

Генеральным планом Саратова предусмотрено строительство в центре города тоннеля для скоростного трамвая. Учитывая, что сооружение тоннеля отнесено на перспективу, а большая часть пассажиров тяготеет к объектам, расположенным в центре, решено пропустить к ним поезда скоростного трамвая в обычном режиме движения по необособленным путям. Существующее верхнее строение пути и контактная сеть подлежат замене на всем протяжении трассы, модернизируется система электропитания, линия оборудуется устройствами СЦБ и связи. На линии будут эксплуатироваться поезда, составляемые из вагонов КТМ-5МЗ, сцепляемые и управляемые по СМЕ. Предполагается, что скорость сообщения достигнет 28 км/ч, а эксплуатационная 25,2 км/ч. В часы пик при интервале движения 100 с будет перевозиться 7,2 тыс. человек в одном направлении. Предполагается в течение года перевезти 43 млн. пассажиров.

Гент — четвертый по величине город Бельгии, крупный порт на р. Шельде с населением (вместе с пригородами) 0,5 млн. человек.

В связи с большими задержками движения производится реконструкция дорожной сети. В центральной части разбираются трамвайные пути, но при этом намечено построить подземные линии общим протяжением 6 км. Особенность проекта новых линий заключается в использовании русел старых каналов (рис. 25), закрытых для судоходства. В периферийных районах сохраняются наземные линии и также используются выемки, образованные старыми каналами.

Гаага — столица Голландии с населением 0,6 млн. человек.

Вследствие переселения части жителей в пригороды и увеличения интенсивности движения автомобильного транспорта возрастает потребность в скоростном рельсовом общественном транспорте. Метрополитен для Гааги признан нецелесообразным, так как число пассажиров на расчетный период не обеспечивает его рентабельности, кроме того, одна линия метрополитена не решит проблемы города. Вследствие этого решено было использовать трамвай, реконструировав его в полуметрополитен, представляющий собой в центральном районе города, где улицы насыщены безрельсовым транспортом, СЛТ с эстакадными участками (рис. 26). Строительство и ввод их в эксплуатацию происходит постепенно, без нарушения работы действующей сети.

Проектом предусмотрено среднее расстояние между остановками (и станциями) 425 м и скорость сообщения 25 км/ч. В настоящее время скорость сообщения обычного трамвая в Гааге равна 19 км/ч, а в центре в часы пик — 5—7 км/ч.

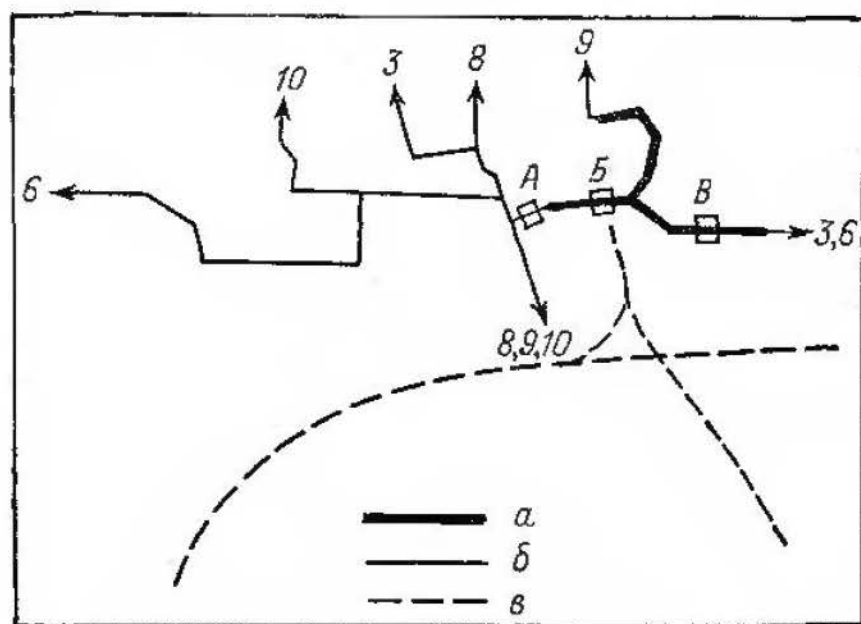


Рис. 26. Схематический план полуметрополитена (СЛТ с эстакадными участками) в Гааге

а — эстакадные участки; б — СЛТ на обособленном полотне; в — линии железных дорог

Цифры — номера маршрутов

А — станция «Ньюве Хаут»; Б — центральная станция;
В — станция «Шгольберг Лаан»

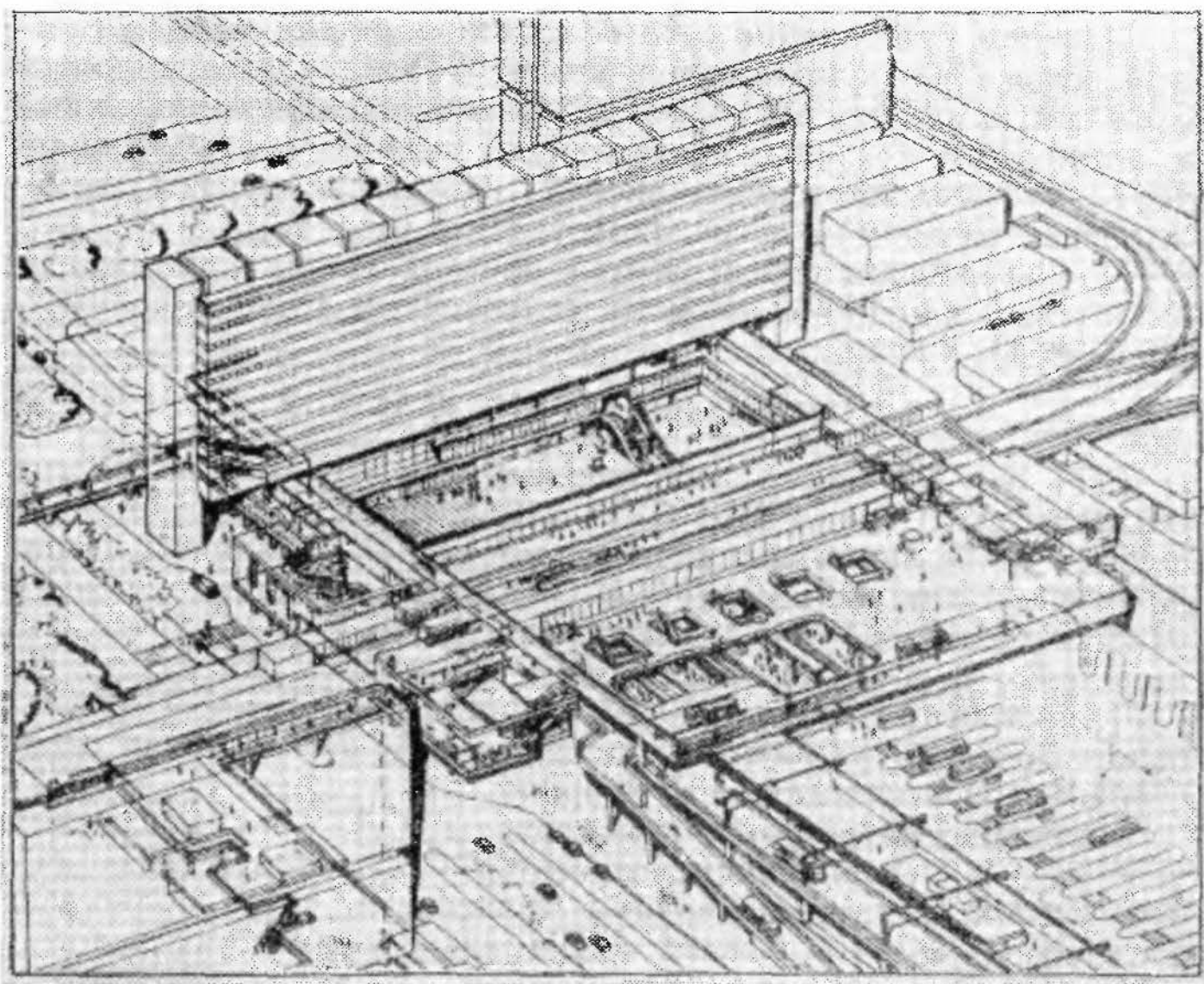


Рис. 27. Общий вид центральной станции полуметрополитена в Гааге в комплексе с железнодорожным и автобусным вокзалами

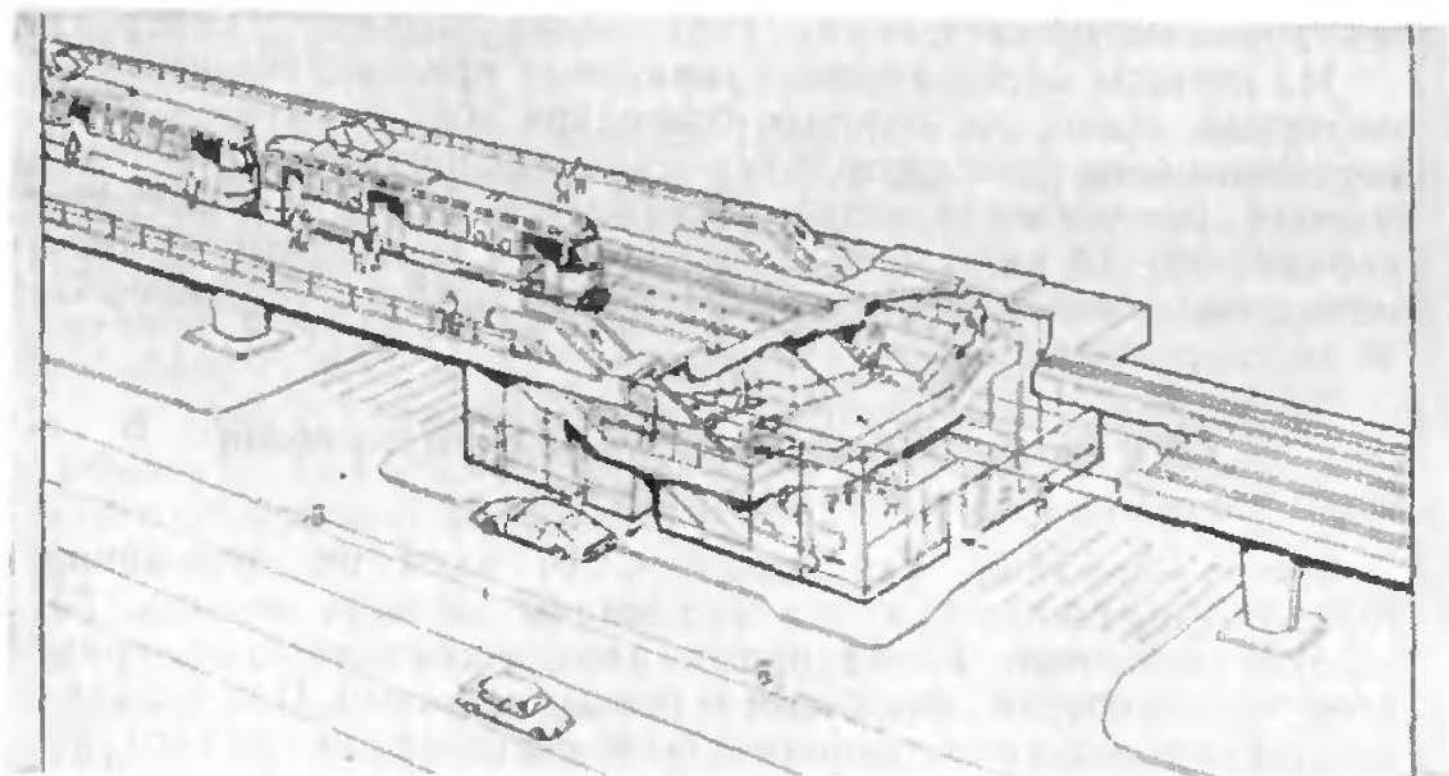


Рис. 28. Общий вид станции «Штольберг Лаан»

Центром создаваемой сети полуметрополитена выбран главный вокзал, расположенный в центре города. Здесь строится сложный комплекс, включающий тупиковый железнодорожный и автобусный вокзалы, центральную станцию полуметрополитена и стоянку автомашин (рис. 27). Интересно решены промежуточные станции на эстакадном участке (рис. 28).

По завершении строительства предполагается пригородные автобусные маршруты начинать от конечных станций полуметрополитена.

§ 9. СЛТ БЕЗ ПОДЗЕМНЫХ УЧАСТКОВ

СЛТ без подземных участков эксплуатируются во многих странах: в СССР, ГДР, ФРГ, США, Швеции и др. В ряде случаев такие линии являются подвозочными к станциям метрополитена. Если же посредством развязок в разных уровнях удастся подвести линии к центру города, то в этом случае они выполняют функции основного вида транспорта. На различных СЛТ, построенных только на поверхности земли, скорость сообщения довольно различна, и в зависимости от нее линия относится к первой или второй категории.

Ниже рассматриваются три группы СЛТ без подземных участков. К первой группе относятся СЛТ, сооружаемые без пересечений с другими видами транспорта, т. е. полностью изолированные (что бывает сравнительно редко); их условно называют облегченным метрополитеном.

Ко второй группе относится большинство СЛТ, на которых в зависимости от интенсивности пересекаемых транспортных и пешеходных потоков устраиваются пересечения в разных и в одном уровнях. К третьей группе относятся СЛТ без развязок в разных уровнях.

На путевых сетях многих трамвайных предприятий имеются вылетные линии, на которых благодаря малой интенсивности пересекающего транспорта и без особых мероприятий (без ограждений, без усиления пути) достигаются скорости сообщения порядка 20—24 км/ч, приближающие их к скоростным (второй категории); такие линии условно можно назвать ускоренными, но не скоростными.

СЛТ на обособленном полотне с пересечениями в разных уровнях

Киев — столица Украинской ССР, один из крупнейших городов Советского Союза с населением 1,9 млн. человек. Городской транспорт Киева представлен метрополитеном, трамваем, троллейбусом, автобусом и речными судами. При наличии малоразвитой сети метрополитена в секторах между его линиями еще долго будет существовать необходимость в других видах скоростного транспорта.

Для связи нового жилого района — Никольской Борщаговки, рассчитанного на 100 000 жителей, с центром города институт Киевпроект разработал проект СЛТ протяженностью 10 км (рис. 29).

Трасса запроектирована с небольшими подъемами и плавными кривыми; наименьший радиус 250 м без особых затруднений может быть увеличен до 400 м. Применены переходные кривые. На прямых участках укладываются рельсы Р-65 на железобетонных шпалах железнодорожного типа и щебеночном основании.

Полотно ограждено на всем протяжении линии; все пересечения предусмотрены только в разных уровнях.

На линии запроектированы 12 станций, в том числе две конечных. Среднее расстояние между станциями 0,9 км. Возле семи станций запроектированы развязки в разных уровнях, пять из которых довольно сложные. Сметная стоимость путепроводов превышает 50% стоимости всей СЛТ.

Остановочные пункты представляют собой низкие платформы длиной 52 м, шириной 4 м, огражденные от проезжей части улиц. Пассажиры проходят к платформам по тоннелям и мостикам, которые одновременно являются внеуличными пешеходными переходами. В будущем здесь предполагается установить автоматы для продажи билетов и турникеты или компостеры для контроля билетов перед посадкой в поезд.

Интересно решены конструкции пересечений СЛТ в разных уровнях с поперечными автомобильными дорогами и улицами. В местах пересечений полотно СЛТ заглубляется на 1,5—2,5 м, а проезжая часть поднимается на 3—4 м. Для безрельсового транспорта на пересечении организовано кольцевое движение (рис. 47).

СЛТ начинается вблизи пл. Победы: посадочная платформа расположена на расстояниях: 0,3—0,4 км — от остановок троллейбуса и автобуса, следующих кратчайшим путем в центр города; около 4 км — от центра города; около 0,6 км — от ближайшей станции метрополитена при условии, что будет пробит коридор.

В 1973 г. была пущена в эксплуатацию часть СЛТ на участке от Никольской Борщаговки до ул. Гната Юра, по которой организовано движение подвозящих к метрополитену маршрутов (рис. 29, б).

Затраты времени на поездку от Никольской Борщаговки к центру города при полном осуществлении проекта СЛТ с учетом пересадки и проезда на другом виде транспорта составят около 1 ч, поэтому целесообразно рассмотреть возможность переноса начальной станции к одной из станций метрополитена.

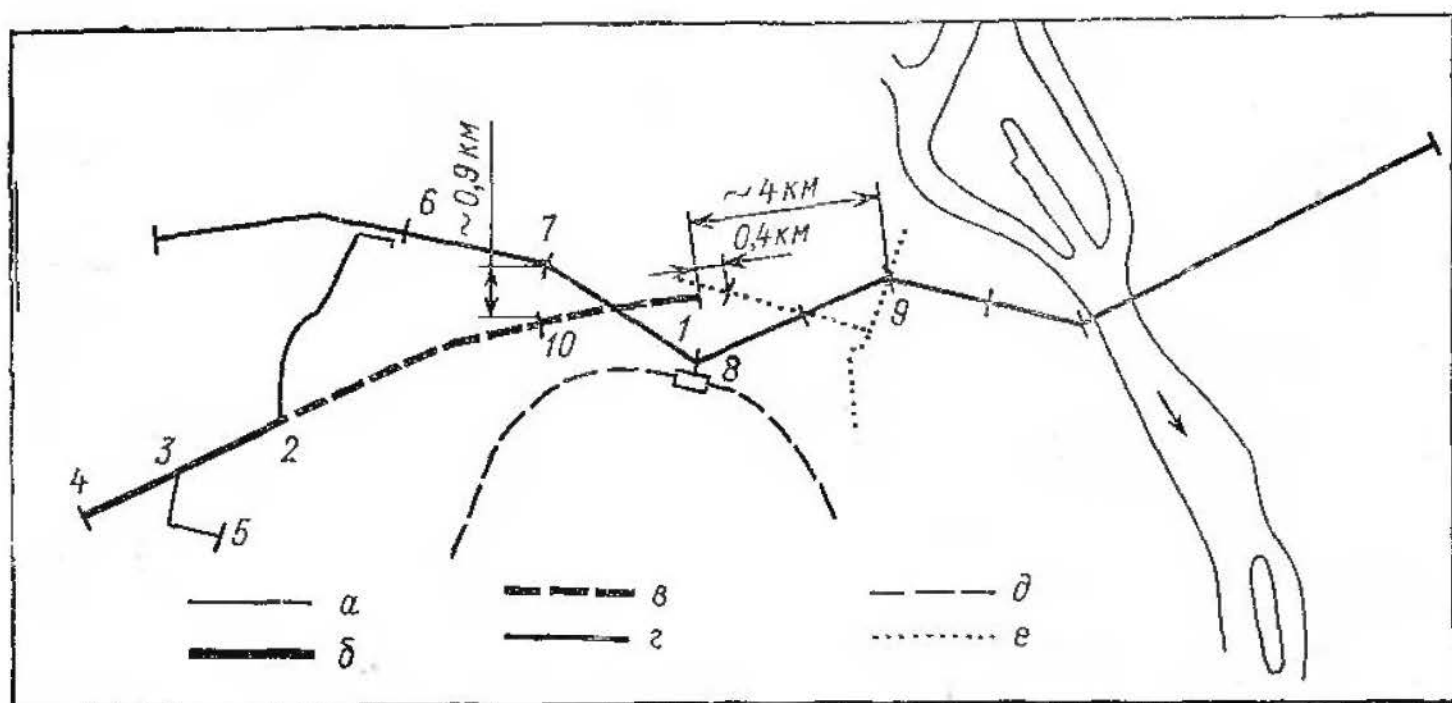


Рис. 29. Схематический план СЛТ в Киеве Никольской Борщаговки

a — линии обычного трамвая; *б* — построенная часть СЛТ; *в* — сооружаемая часть СЛТ; *г* — метрополитен; *д* — железная дорога; *е* — троллейбус и автобус; 1 — начало СЛТ вблизи пл. Победы; 2 — бульвар Лепсе; 3 — ул. Гната Юра; 4 — Никольская Борщаговка; 5 — ул. семьи Сосниных; 6 — станция метро «Завод «Большевик»»; 7 — станция метро «Политехнический институт»; 8 — железнодорожный вокзал и станция метро; 9 — станция метро «Крещатик»; 10 — Марининская ул.

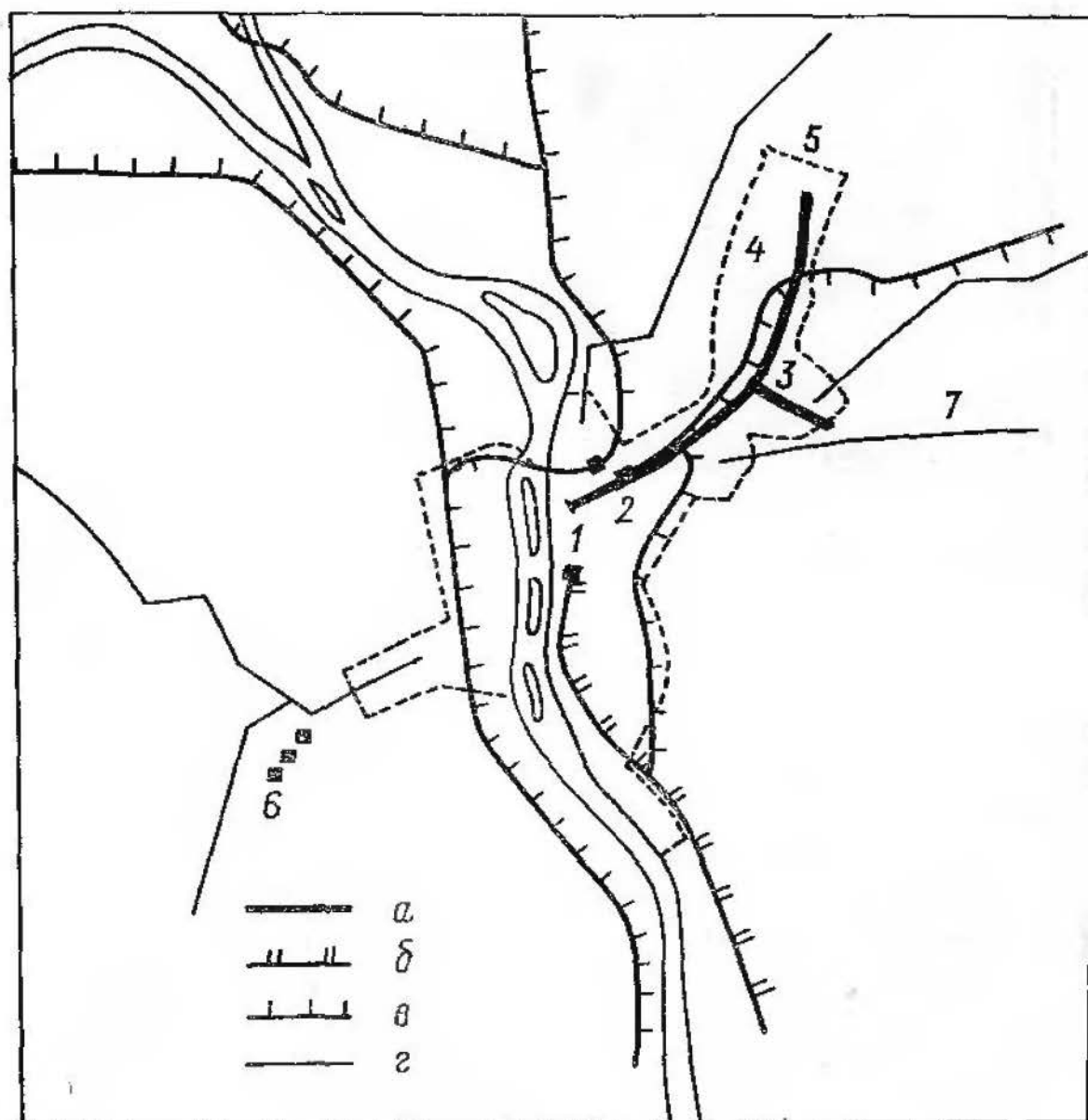
Наземные СЛТ с пересечениями в одном и двух уровнях

Линий скоростного трамвая с пересечениями в одном и более уровнях большинство. Применение развязок с другими видами транспорта зависит от интенсивности движения пересекаемых видов транспорта. На одной и той же СЛТ, если она начинается в центральном районе и заканчивается в пригороде, могут быть применены различные виды ограждений и различные способы пересечений, начиная от путепроводов и виадуков и кончая простым пересечением улицы с дорожным покрытием. При увеличении интенсивности движения на улицах и дорогах, пересекающих трассу СЛТ, без перерыва движения на СЛТ может быть построен путепровод. Благодаря таким свойствам считается, что СЛТ обладает достаточной «гибкостью». СЛТ такого вида запроектировал Гипрокоммундортранс для Перми и Уфы. Из аналогичной зарубежной практики следует упомянуть СЛТ в Каире, Билефельде (ФРГ), Гетеборге (Швеция), Нью-Арке (агломерация Нью-Йорка) и др. Получают распространение междугородные СЛТ, поезда которых движутся со скоростью порядка 100—120 км/ч. К таковым относятся КВЕ

Рис. 30. Схематический план СЛТ в Каире

I — схематический план города; *II* — трассировка СЛТ в районе пл. Эль Махатта; *a* — СЛТ; *б* — электрифицированная железная дорога в Хелуан; *в* — железная дорога с тепловозной тягой; *г* — основные автодороги; *д* — пути СЛТ; *е* — пути обычного городского трамвая; 1 — центр города; 2 — пл. Эль Махатта; 3 — Гелиополис; 4 — Матария; 5 — Абу Заабель; 6 — Гиза, пирамиды; 7 — на Суэц; 8 — главный вокзал; 9 — вокзал пригородных сообщений; 10 — ул. Эль Гальса; 11 — ул. Рамзеса II; 12 — пути СЛТ в пределах полосы отчуждения железной дороги

I



II

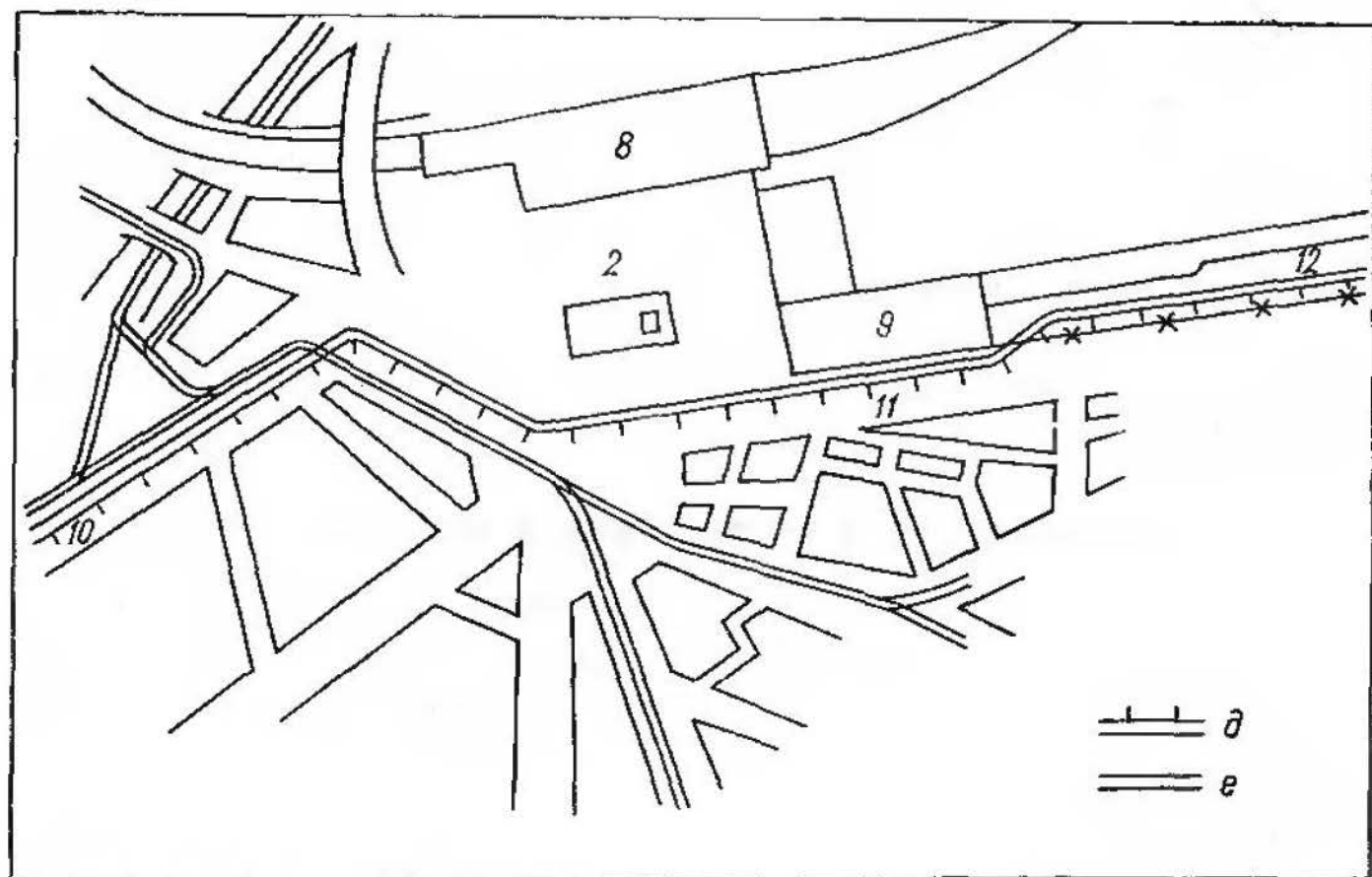




Рис. 31. Скоростная линия трамвая в Гелиополисе (пригород Каира)

(Кельи-Боннская дорога), СЛТ в Чикаго, Сан-Франциско и др. В качестве примера рассмотрим СЛТ Каира.

Каир — столица Египта с населением более 4 млн. жителей. Основные виды транспорта: трамвай, троллейбус и автобус. В городе функционируют две системы трамвая, из них одна скоростная. Ширина колеи в обеих системах 1000 мм.

Скоростная линия начинается в деловом центре города; здесь на участке протяженностью около 2 км пути уложены на общем полотне улицы, рядом с путями обычного трамвая (четыре пути на проезжей части). Этот участок с частыми остановками служит для удобной доставки пассажиров в центр города (рис. 30). От пл. Рамзеса II на протяжении 6 км трасса СЛТ проходит вначале по полосе отчуждения железной дороги, далее по периферийным улицам за высокой изгородью; здесь через каждые 1,5—2 км устроены путепроводы. Далее в пригородах Матария и Гелиополис, по мере снижения интенсивности уличного движения, ограждение трассы упрощается. На конечных участках ограждение сделано в виде габаритной полосы (рис. 31), а на перекрестках с малой интенсивностью движения скоростной трамвай проходит по общему полотну улицы. На СЛТ эксплуатируются поезда, состоящие из двух четырехосных вагонов только I класса с кондиционированием воздуха.

Наземные СЛТ с пересечениями в одном уровне

Трассы СЛТ, пересекающиеся с автомобильными дорогами, могут существовать только при малой интенсивности пересекающего их транспорта, что бывает сравнительно редко. Ниже рассматриваются два примера таких СЛТ: в Ленинграде и Александрии (Египет).

Ленинград — второй по числу жителей город Советского Союза с населением 4,3 млн. человек. Город имеет развитую

сеть метрополитена и электрифицированные линии железных дорог, осуществляющие городские и пригородные перевозки пассажиров. Трамвайная сеть (240 км по оси улиц) является одной из крупнейших в Европе. Перевозки распределяются между видами транспорта следующим образом: метрополитен — 20%, трамвай — 30%, автобус — 30%, троллейбус — 15%, железная дорога — 2,5%, автомобили (включая такси) — 2,5%.

Одной из таких линий является Стрельнинская СЛТ, связывающая Автово (станция метрополитена) с ближайшими пригородами, расположенными вдоль Петродворцового шоссе и южного побережья Финского залива (рис. 32). Длина СЛТ со-

Рис. 32. Схематический план Стрельнинской СЛТ в Ленинграде

ставляет 12,4 км двойного пути. Расстояния между остановками в среднем равны 0,96 км (один из перегонов равен 2,1 км).

Стрельнинская линия была реконструирована в скоростную в 1964 г., рельсы, шпалы и основание были заменены на всем протяжении.

Скорость сообщения на Стрельнинской СЛТ после реконструкции повысилась до 27—32 км/ч (см. табл. 24), что в 1,7 раза превышает среднюю скорость по городу. Движение осуществляется одиночными вагонами ЛМ-57 и ЛМ-68 и поездами, составленными из двух вагонов ЛМ-68, управляемых по СМЕ. Трасса на всем протяжении расположена на собственном полотне (рис. 33). От Автово до переезда через Петродворцовое шоссе полотно проходит рядом с этим шоссе и отделено от него канавой. СЛТ не имеет ограждений, препятствующих выходу пешеходов на трамвайный путь.

Трасса весьма резко делится на две части: первую — от Автово до ул. Гарькавого (7,2 км) и вторую — от ул. Гарькавого до Стрельны (5,2 км). На первой части трассы имеются кривые с радиусами 1000, 800 и 600 м, а на второй части — с радиусами 410, 300, 250, 70 м; наименьшие радиусы на перегоне — 250 м, у остановок — 70 м. В профиле трасса очень спокойная, имеется только один подъем на протяжении 150 м между Петродворцовым шоссе и пр. Буденного с крутизной $28^{\circ}/_{00}$.

На трассе имеется одно регулируемое пересечение в одном уровне с железнодорожными путями. Стрелочные переводы на СЛТ обычного трамвайного типа радиусом 30 м с криволинейной крестовиной уложены у петель Таллинское шоссе, ул. Гарь-



Рис. 33. Вид Стрельнинской СЛТ в районе Улянки



Рис. 34. СЛТ в Александрии. Отправление поезда

кавого и Стрельна. В связи с началом жилищного строительства между СЛТ и Финским заливом намечается резкое увеличение числа переездов на первой части трассы.

Если в ближайшее время не будет начато проектирование и строительство развязок в разных уровнях в трех-четырех узлах, то скорость движения на линии снизится и линия не будет скоростной.

Стрельнинская СЛТ служит экспериментальной базой. На ней Ленинградским НИИ Академии коммунального хозяйства под руководством автора проведены исследования в области взаимодействия пути и подвижного состава, имевшие целью определение рациональных параметров трассы, конструкции пути и условий безопасного движения современных вагонов с высокой скоростью. В результате исследований разработана техническая документация [33, 34, 35], используемая при проектировании СЛТ.

Десятилетний опыт эксплуатации Стрельнинской СЛТ был весьма успешным. Ведется проектирование Бухарестской скоростной линии протяженностью около 12 км.

Александрия — крупный портовый город Египта, расположенный на побережье Средиземного моря, с населением 1,8 млн. человек.

Город растянулся на 50-километровой узкой полосе вдоль берега. Так же, как и в Каире, здесь функционируют две системы трамвая: обычный городской и пригородный, условно называемый скоростным. В обеих системах пути нормальной

колеи. На скоростной линии, идущей из центра города вдоль берега в пригород, эксплуатируются одно- и двухэтажные двусторонние вагоны устаревшей конструкции (рис. 34). В пределах центрального района полотно скоростной линии ограждено. Все пересечения с улицами осуществлены в одном уровне, однако для предотвращения помех на переездах установлены светофильтры с ручным управлением, а на многочисленных пешеходных переходах на время подхода и прохода поездов дежурные с помощью брусьев закрывают проходы.

ГЛАВА III

ПОДВИЖНОЙ СОСТАВ СКОРОСТНОГО ТРАМВАЯ. ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЕ

§ 10. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ВАГОНОВ, ЭКСПЛУАТИРУЕМЫХ НА СЛТ

Основной принцип скоростного трамвая заключается в использовании современных быстроходных трамвайных вагонов. Приведенные выше технико-экономические показатели скоростного трамвая получены при эксплуатации этих вагонов на СЛТ. Одним из преимуществ скоростного трамвая является возможность выхода вагонов со скоростных линий на обычные. Благодаря этой «вездеходности» вагонов скоростные маршруты могут на небольшом протяжении начинаться на путях обычной сети (как, например, в Ленинграде, Саратове, Каире и др.). Вагоны устаревших типов не могут быть использованы на СЛТ, так как не развивают одинаковой с современными вагонами скорости.

Отклонение от упомянутого принципа наблюдается в последнее время в отдельных странах, где появились новые вагоны, которые мы назвали метротрамвайными, пригодными для эксплуатации на путях СЛТ и ГЖД и, при необходимости, на специально для этого подготовленных отдельных линиях обычного трамвая.

При создании новых типов и серий вагонов трамвая (и ГЖД) отчетливо проявляются следующие тенденции: 1) повышение вместимости вагона; 2) уменьшение массы вагона на одного пассажира (или на 1 м² площади); 3) увеличение мощности двигателей для повышения установившейся скорости; 4) применение более совершенной системы управления, повышающей плавность ускорения и торможения; 5) улучшение конструкции дверей и ступенек для сокращения времени стоянок на остановках; 6) улучшение оборудования салона для повышения комфортабельности проезда. Характерными особенно-



Рис. 35. Современный четырехосный моторный трамвайный вагон ЛМ-68М

стями современных трамвайных вагонов являются: возможность движения только в одном направлении; возможность посадки пассажиров непосредственно с дорожного покрытия или низких платформ; токоъем от контактного провода.

Большинство современных трамвайных вагонов, эксплуатируемых на скоростных и обычных линиях, являются односторонними (двери в правой стенке при правостороннем движении и с одним постом управления). По сравнению с двусторонними вагонами (двери с обеих сторон и два поста управления) в них больше полезной площади для пассажиров, а электрооборудование проще и дешевле. Однако они требуют устройства оборотных петель.

До настоящего времени двусторонние вагоны на СЛТ применялись крайне редко (Бостон, Александрия), но в связи с появлением в тоннелях боковых и островных платформ стали чаще применяться двусторонние и метротрамвайные вагоны.

Все вагоны, эксплуатируемые на СЛТ, являются четырехосными (рис. 35), шестиосными (рис. 36), восьмиосными или (редко) двенадцатиосными (рис. 37) *.

Исторически сложились два различных направления конструирования трамвайных вагонов: первое — четырехосные с кузовом на двух тележках (рис. 38, а, г) и второе — шести- или восьмиосные с сочлененным кузовом на нескольких тележках (рис. 38, б, в, е).

До настоящего времени наибольшее распространение на всех СЛТ мира получили четырехосные вагоны, из которых при до-

* Двухосные вагоны на СЛТ не эксплуатируются из-за малой вместимости и больших влияний, возникающих при движении с большой скоростью.

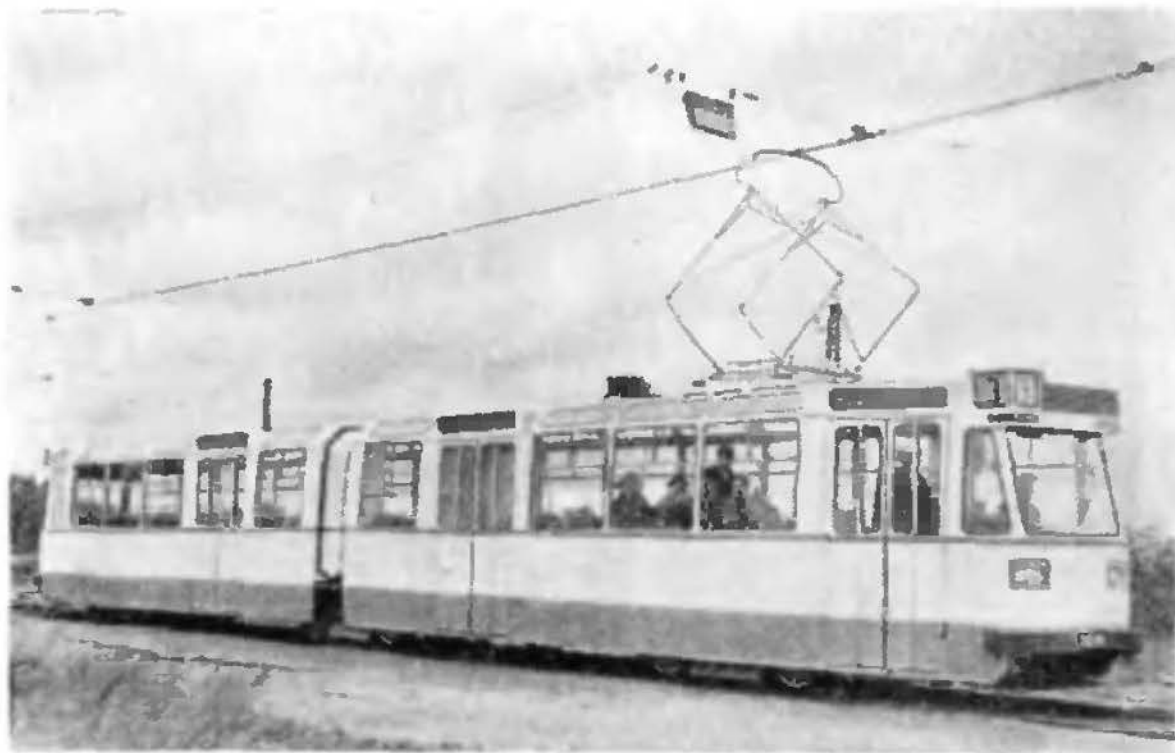


Рис. 36. Шестиосный трамвайный вагон ЛВС-66

статочно больших пассажиропотоках составляются поезда по СМЕ (рис. 38, а), позволяющие делить состав на концевых участках на самостоятельные части, а также направлять часть вагонов в парк в периоды спада пассажиропотоков.

Сочлененные вагоны экономичнее четырехосных, так как имеют бóльшую вместимость, но их ездовые динамические показатели несколько хуже*: если четырехосный вагон набирает скорость 48 км/ч за 15 с, то восьмиосный сочлененный (ФРГ) ту же скорость набирает за 20 с.

До сих пор относительно большое распространение сочлененные вагоны получили в странах Западной Европы, в частности в ФРГ (Кельн и др.), хотя их общее число не превышает 10—12% всего парка трамвайных вагонов страны. В США сочлененные трамвайные вагоны впервые появились около 1914 г.

В настоящее время их там почти нет, но они запроектированы для ГЖД (см. § 4); уже построены образцы сочлененных метротрамвайных вагонов (рис. 39).

Сочлененные вагоны с высокими динамическими показателями проектируются для городов СССР Академией коммунального хозяйства и Всесоюзным научно-исследовательским институтом вагоностроения.

* На тележках с механизмами сочленений трудно размещать двигатели, поэтому на большинстве шестиосных (в том числе К-2 и ЛВС-66), восьмиосных и двенадцатиосных вагонов двигатели имеются только на двух тележках.

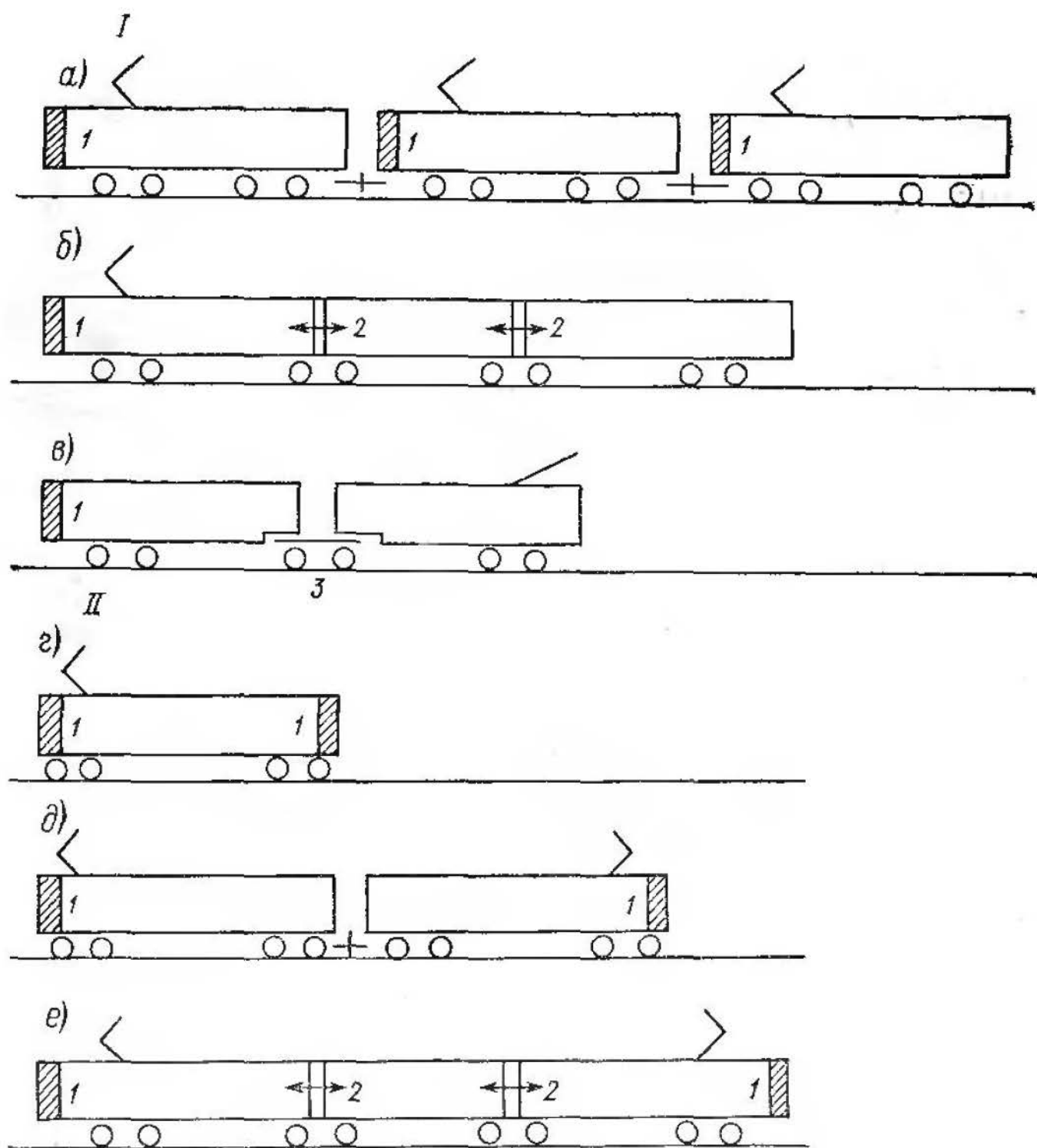


Рис. 38. Схемы вагонов и поездов на СЛТ

I — односторонние; *II* — двусторонние; *a* — поезд из четырехосных моторных вагонов, управляемых по СМЕ; *б, в* — сочлененные вагоны; *в* — сочлененный вагон с разобъединенными салонами (Калькутта); *г* — четырехосный вагон; *д* — секция, состоящая из двух вагонов, с постами управления по ее концам; *I* — пост управления; *2* — сочленение, обеспечивающее сквозной проход по салону; *3* — тележка, поддерживающая смежные кузова

Прицепные (безмоторные) вагоны на СЛТ применяются сравнительно редко. В этих случаях, чтобы скорость не снижалась, двигатели моторных вагонов должны иметь большой запас мощности.

Основные параметры вагонов, применяемых на СЛТ, приведены в табл. 13, 14, 15, а параметры вагонов, предназначенных для ГЖД; — в табл. 16.

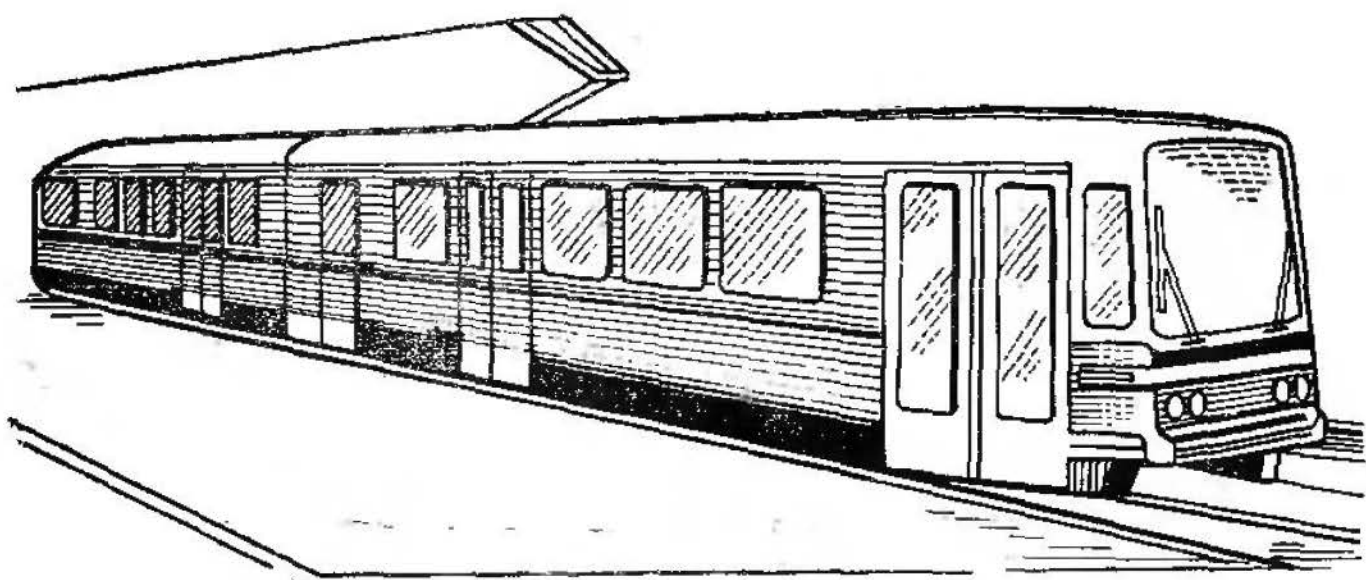


Рис. 39. Метротрамвайный шестиосный сочлененный вагон фирмы «Боинг»

Несмотря на большое разнообразие конструктивных решений отдельных узлов, в целом общие параметры вагонов сходны. В СССР технические требования, предъявляемые к трамвайным вагонам, стандартизованы (ГОСТ 8802—69).

Как видно из табл. 13 и 14, отечественные вагоны по большинству параметров и технико-экономическим показателям превосходят многие зарубежные типы вагонов.

В СССР современные трамвайные вагоны, пригодные для эксплуатации на СЛТ, строятся на заводах: Усть-Катавском (тип КТМ-5МЗ), Рижском (РВЗ-7), Ленинградском ЗРГЭТ (ЛМ-68М). Из зарубежных трамвайных вагоностроительных фирм и заводов наиболее известны: заводы «Татра» в Праге Смихов (Чехословакия), фирма «Дюваг» в Дюссельдорфе (ФРГ), «Линке Хофман Буш» (ФРГ), «Ля Брюжуаз э Нивель» (Бельгия), «Шиндлер Вагон А. Г.» (Швейцария), «Сан Луи Кар Ко», «Боинг Вертол Ко» и «Пульмай» (США) и др. Электрооборудование в СССР поставляется заводом «Динамо» им. С. М. Кирова, а за рубежом — специализированными фирмами.

§ 11. ПЛАНИРОВОЧНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ И ОБОРУДОВАНИЕ ВАГОНОВ, ОБЕСПЕЧИВАЮЩЕЕ КОМФОРТАБЕЛЬНОСТЬ ПРОЕЗДА

Размеры вагонов. Для повышения вместимости вагонов стремятся увеличивать их длину и ширину. Длина четырехосных вагонов обычно не превышает 16 м (табл. 13) из-за габаритных ограничений, проявляющихся при вписывании в кривые малых радиусов на уличных линиях, оборотных петлях и путях депо. Габаритные ограничения удалось в известной мере преодолеть применением сочлененных вагонов; их длина зависит от числа сочленений: шестиосных 21—23 м (табл. 16), восьмиосных

27—32 м, двенадцатисных до 45 м (табл. 17). При этих длинах кузовам обеспечивается необходимая прочность* и жесткость.

Ширина кузова вагона, зависящая от длины кузова, ширины колеи, расстояния между осями путей и минимального радиуса кривых при нормальной (1435 мм) и широкой (1524 мм) колее, обычно равна 2,5—2,6 м. При принятых в СССР расстояниях между осями трамвайных путей 3,2 и 3,4 м и зазоре безопасности между кузовами движущихся встречных вагонов 0,6 м ширина кузовов по наружной обшивке ограничена размером 2,6 м.

При узкой колее или узком междупутье ширина кузова варьируется в пределах 2,1—2,35 м. В СССР отсутствуют скоростные трамваи с путями узкой колеи, а в зарубежной практике встречаются линии с путями колеи 1000 мм (Эссен, Каир и др.), на которых приняты особые меры для повышения устойчивости движения. В последние годы имеет место тенденция перехода на нормальную колею с одновременным преобразованием скоростного трамвая в ГЖД.

Для обеспечения на двухпутных участках безопасного встречного движения длинных вагонов по кривым малых радиусов и в узлах уменьшается вынос крайних (наружу) и средних (внутри кривых) точек вагона посредством сужения кузовов к торцам, т. е. скосов в плане. Ширина торцевых стенок кузова с обзорным окном водителя при этом делается равной 1,5—1,7 м.

Высота вагонов, измеряемая от уровня поверхности головки рельсов (г. р.), составляет 3,0—3,3 м и обуславливается в основном высотой салона (по оси прохода) 2,0—2,1 м и высотой пола над г. р. 0,8—0,97 м.

Конструкции кузова. В современных трамвайных вагонах встречаются кузова двух типов. Восприятие нагрузок и передача их на тележки в первом типе осуществляется несущими боковыми стенками и рамой, конструктивно представляющими одно целое. Кузов такой конструкции достаточно жесткий и прочный. Кузова второго типа являются цельнонесущими; здесь нагрузка воспринимается большим числом элементов кузова, включающих раму, каркас стенок и крышу, жестко между собой связанных.

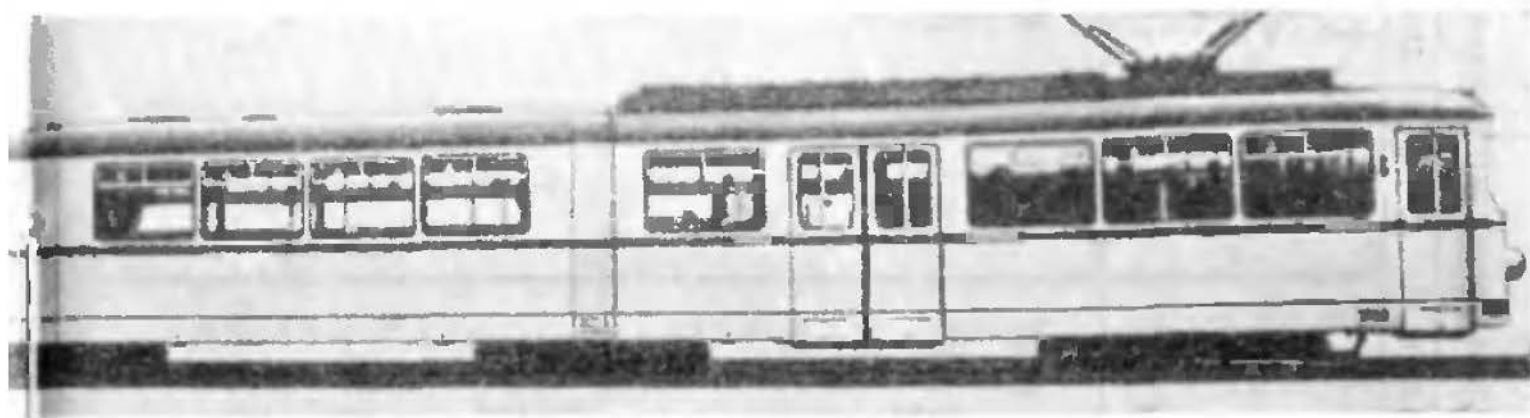
Кузова современных отечественных вагонов металлические, цельносварные из тонкостенных штампованных, гнутых профилей. Наружная обшивка выполняется из стального листа, а внутренняя — из древесноволокнистых плит или слоистого пластика. Пол вагона изготавливается из бакелизированной фанеры и отделяется от рамы кузова вибродемпфирующими элементами. Крыша делается из металлического листа, тепло-

* Ограничение массы трамвайных вагонов по нагрузке на путь практически отпало благодаря прочности применяемых путевых конструкций.

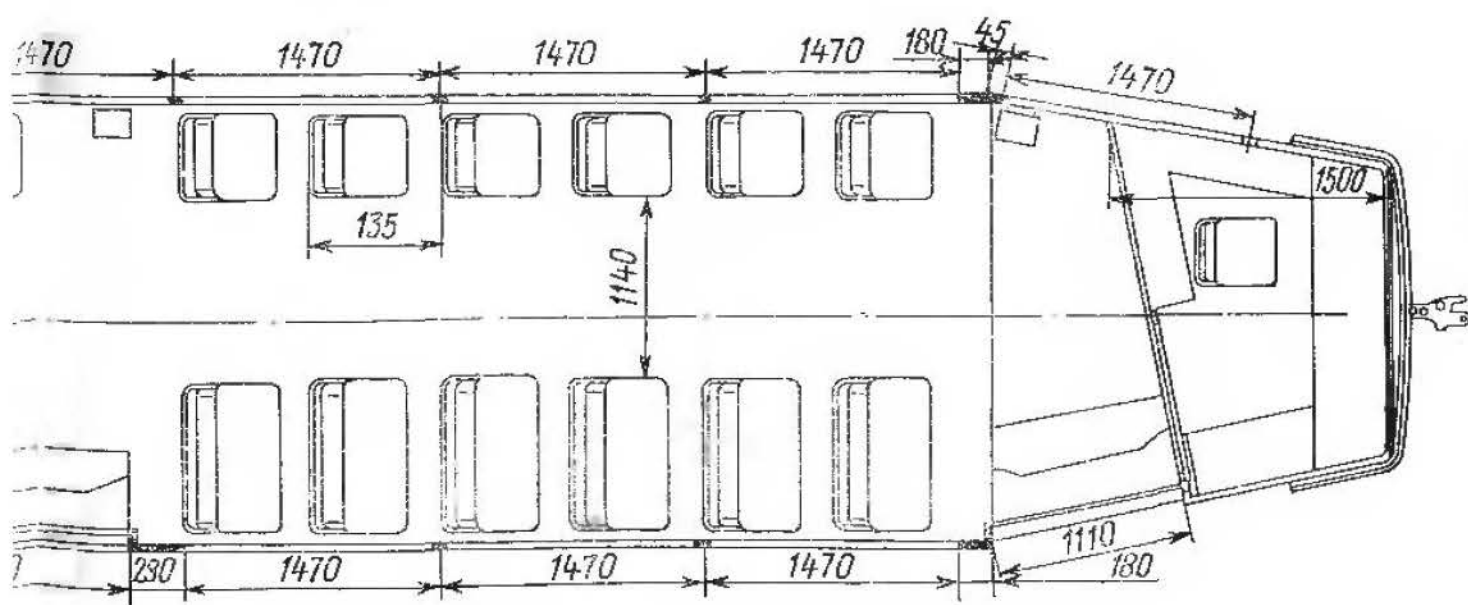
Основные параметры четырехосных трамвайных вагонов для скоростных линий

Показатели	Единица измерения	СССР				
		КТМ-5МЗ	РВЗ-6М	РВЗ-7	ЛМ-57, ЛМ-68	ЛМ-68М
Ширина рельсовой колеи	мм	1524	1524	1524	1524	1524
Габаритные размеры:						
длина по наружной обшивке	м	15,1	13,9	15,1	15,0	15,0
ширина по наружной обшивке	»	2,60	2,55	2,6	2,55	2,55
высота вагона от уровня головки рельса	»	3,15	3,15	3,02	3,15	3,15
высота салона в проходе	»	2,19		2,11	2,06	2,10
высота пола над головкой рельса	»	0,89	0,92	0,82	0,83**	0,93
высота нижней ступеньки над головкой рельса	»	0,30	0,32	0,30	0,31	0,39
число дверей с одной стороны	шт.	3	2	3	3	3
Число ходовых тележек	»	2	2	2	2	2
База:						
вагона (между шкворнями тележек)	мм	7500	6600	7500	7500	7500
тележек	»	1940	1940	1940	1940	1940

Показатели	Единица измерения	ЧССР		США		Швеция
		Т-3	Т-4, Т-4-D, Т-4-SU	в Бостоне	в Чикаго	
Габаритные размеры:						
длина по наружной обшивке	м	14,0	14,0	15,3	14,7	14,2
ширина по наружной обшивке	»	2,50	2,20	2,64	2,82	2,65
высота вагона от уровня головки рельса	»	3,06	3,06	3,22	—	—
высота салона в проходе	»					
высота пола над головкой рельса	»	0,90	0,90	0,81	—	0,80
высота нижней ступеньки над головкой рельса	»	0,36	0,36			
число дверей с одной стороны	шт.	2 и 3 ***	3	2	—	—
Число ходовых тележек	»	2	2	2	2	2
База:						
вагона (между шкворнями тележек)	мм	6400	6400	7170	—	7000
тележек	»	1900	1900	1879	—	1800



вагон фирмы «Дюваг»



диванов в вагоне PB3-7

Таблица 14

Основные параметры шестиосных сочлененных трамвайных вагонов для скоростных линий

Показатели	Единица измерения	СССР		ЧССР	ФРГ			Швейцария	Франция
		ЛВС-66	Рекомендуемые АКХ и ВНИИВ		Фирмы LHB* для Ганновера	для Эссена (по заказу)	Марка Be 4/6 фирм "Шиндлер-Люват" для Базеля (по заказу)		
Ширина рельсовой колеи	мм	1524	1524	1524; 1435	1435	1435	1000	1000	Фирмы LHB для Сен-Этьенна
Габаритные размеры:									
длина по наружной обшивке	м	22,5	21,5—22,5	20,4	19,1	20,1	20,7		
ширина по наружной обшивке	»	2,55	2,60	2,50	2,50	2,40	2,00		
высота вагона	»	3,10	3,05	3,05		3,25	3,06		
высота салона в проходе	»	2,40							
высота пола над головкой рельса	»	0,83		0,90					
высота нижней ступеньки	»	0,30		0,36					
число дверей с одной стороны	шт.	4	4	4	4	3	4		4
Сочленения:									
число сочленений	шт.	1	1	1		1	1	1	1
число звеньев	шт.	2	2	2		2	2	2	2
число ходовых тележек	»	3	3	3		3	3	3	3
База:									
вагона	мм	2×7500		2×6400	2×6000	2×6200	2×6200	2×6200	2×6200
тележки	»	1940		1900	1800	1800	1940	1940	1940

Вместимость:	место	49	74—78	49	34	48	51	46	29
число мест для сидения	м ²	30	20	21,5					
площадь салона для стоящих пассажиров									
число сидящих и стоящих пассажиров при:									
5 чел./м ²	чел.	180	174—183	157	186	172	131	163	182
8 »	»	260	234—246	210					
Масса порожнего вагона	т	28	24,0—25,0	21,8	20,2	1	20	24,0	1
Число постов управления	пост	1	1	1	1	1	1	1	1
Число и часовая мощность тяговых двигателей	шт. × кВт	4 × 43	6 × 43	4 × 43		2 × 150	2 × 130	2 × 150 ***	2 × 150
Установившаяся скорость на горизонтальном участке	км/ч	55	75 **	60			70	60	50
Ускорение в начале пуска	м/с ²	1,0	1,5	1,0			1,28		
Замедление:									
служебное	»	1,0	1,5	1,0			1,69		3,2
экстренное	»	3,0	4,0	3,0					
Относительные показатели:									
масса вагона на единицу габаритной площади	кг/м ²	490	430	432	425	565	440	565	
удельная мощность	кВт/т	7,2	12,5—12,0	7,6	14,8	10,9	13,0	6,3 ***	

* LNB — фирма «Линке Хофман Буш».

** Для вагона пригородных линий — 110 км/ч.

*** Предусмотрены для совместной работы с четырехосным прицепным вагоном.

Таблица 15
Основные параметры восьми- и двенадцатиосных трамвайных вагонов для скоростных линий

Показатели	Единица измерения	Восьмиосные		
		СССР	ФРГ	
		рекомендуемые АКХ и ВНИИВ	фирмы «Дюваг» для Кольна	фирмы «Дюваг» для Дюссельдорфа
Ширина рельсовой колес	мм	1524	1435	1435
Габаритные размеры:				
длина по наружной обшивке	м	27,0—32,5	30,5	27,0
ширина по наружной обшивке	»	2,60	2,50	2,50
Сочленения:				
число сочленений	шт.	2	2	2
» звеньев	»	3	3	3
» ходовых тележек	»	4	4	4
База:				
вагона	мм		6800 + 8550 + 6800	6000 + 6900 + 6000
тележки	»		1800	1800

Вместимость:				
число мест для сидения	место	84—104	90	52
полная вместимость вагона	место	224—376	290	354
Масса порожнего вагона	т	30,0—36,0	44,0	39,0
Число постов управления	пост	1	1	1
Число и часовая мощность тяговых двигателей	1 шт. × кВт	8	4 × 120	4 × 120
Установившаяся скорость на горизонтальном участке	км/ч	75 *		75 **
Относительные показатели:				
масса вагона на единицу габаритной площади	кг/м ²	430	378	430
удельная мощность	кВт/ч	13,3—11,0	10,9	12,3

* Скорость для вагонов, рекомендуемых для пригородных линий, 110 км/ч.

** Конструкционная скорость.

Показатели	Единица измерения	Восьмисносные			Двенадцатисносные
		Румыния	Нидерланды	Швейцария	ФРГ
		фирмы LNB для Бухареста	фирмы LNB для Амстердама	марки Ве 8/8 фирмы «Шиндлер-Дюваг» для Берна	марки ET-12 фирмы «Дюваг» для Мангейма Людвигс-хафен
Ширина рельсовой колес	мм	1435	1435	—	1000
Габаритные размеры:	длина по наружной обшивке	26,1	23,9	25,4	38,5
	ширина по наружной обшивке	2,30	2,34	2,20	2,20
Сочленения:	число сочленений	2	2	2	4
	» звеньев	3	3	3	5
	» ходовых тележек	4	4	4	6
База:	вагона	6000+6710+6000	5700+5730+5700	6400+6400+6400	5×6450
	тележки	1800	1745	1700	1800

Вместимость:

число мест для сидения

место

42

64

52

118

полная вместимость вагона

место

276

140—211

200

320

Масса порожнего вагона

т

29,8

~29

34

60

Число постов управления

пост

1

1

1

1

Число и часовая мощность тяговых двигателей

1 шт. × кВт

2×175

4×53

4×89

2×150

Установившаяся скорость на горизонтальном участке

км/ч

70 **

60

60

Относительные показатели:

масса вагона на единицу габаритной площади

кг/м²

463

~580

605

~700

удельная мощность

кВт/ч

12,6

7,3

10,5

8

Основные параметры подвижного состава городских железных дорог

Показатели	Единица измерения	ФРГ			США
		марка U-2 фирмы «Дюваг» для ГЖД Франк-фурт-на-Майне	для ГЖД Рура	марка «Кельн» фирмы «Дюваг» для Кельна и Бонна	марка SLRV фирмы «Бонинг-Вертол» для Бостона и Сан-Франциско
Ширина рельсовой колеи	мм	1435	1435	1435	1435
Габаритные размеры:					
длина по наружной обшивке	м	23,0	34,7(17,1)*	27,0	21,6
ширина по наружной обшивке	»	2,65	2,65	2,65	2,69
высота вагона	»	3,25	3,28		
высота пола над головкой рельса	»	0,94	1,00		0,86
Сочленения:					
число сочленений	шт.	1	—	1	1
» звеньев	»	2	в секции 2 вагона	2	2
число ходовых тележек	»	3	4(2)	3	3
База:					
вагона	мм	2×7275	12 000	10 000	
тележки	»	1800	2000		
Число дверей с одной стороны	шт.	4	6(3)	6	4
Вместимость:					
число мест для сидения	место	64	74(37)	72	68
число пассажиров:					
при 5 чел./м ²	чел.	195	224(112)	183	220
при 8 »	»	259	—	282	—
Масса порожнего вагона	т	29,5		38,9	31(38)**
Число постов управления	пост	2	2	2	2
Число и часовая мощность тяговых двигателей	шт.×кВт	2×150		2×235	2×170
Установившаяся скорость на горизонтальном участке	км/ч	80	100	100	87

Показатели	Единица измерения	ФРГ			США
		марка U-2 фирмы "Дю- ваг" для ГЖД Франкфурта на-Майне	для ГЖД Рур	марка "Кельн" фирмы "Дю- ваг" для Кель- на и Бонна	марка SLRV фирмы "Бо- инг-Вертол" для Бостона и Сан-Францис- ко
Ускорение в начале пуска	м/с ²	1,2	1,2	1,1	1,38
Замедление:					
служебное	»	1,2	1,2	1,2—1,6	1,55
экстренное	»	2,3	1,5	3,0	2,66
Относительные пока- затели:					
масса вагона на единицу габаритной площади	кг/м ²	485			520
удельная мощ- ность	кВт/т	10,2		12,1	11,1

* В скобках показатели для вагона, без скобок — для секции.

** С массой кондиционера, равной 7 т.

Таблица 17

Пропускная способность дверей при наличии ступенек

Разность уровней пола (ступеньки) и платформы	Число ступе- nek на вагоне, шт.	Число шагов при входе или выходе, шт.	Наклон линии ступенек от вертикали, град	Зазор между ступенькой и платформой, м	Число пасса- жиров в 1 мин.	Время входа одного пасса- жера, с
Небольшая	Нет	1	—	Отсутствует	115*	0,52
»	»	1	—	»	91	0,66
»	1	2	—	»	92	0,65
Отсутствует	1	2	—	0,12	90	0,67
»	1	2	—	0,25	85	0,71
»	1	2	—	0,30	70	0,85
Шаг ступеньки	2	3	37	—	90	0,67
» »	2	3	26	—	75	0,80
» »	2	3	22	—	54	1,11
» »	2	3	19	—	50	1,20

* При ширине двери 1,2 м, в остальных случаях — 1 м.

изолирована и покрыта резиновым ковриком по всей площади.

В ряде зарубежных типов кузовов лобовая и задняя стенки изготавливаются из полиэфирных пластмасс, армированных стекловолокном, которое должно обеспечить меньшую повреждаемость при возможных столкновениях вагонов. Попытки применения пластмасс в качестве наружной обшивки вагона пока оставлены, так как отмечены случаи быстрого и полного сгорания (оплавления) кузова при неисправности электрооборудования.

Конструкции сочленений. Звенья сочлененных вагонов связываются между собой шарнирным дисковым сочленением из трех частей, вращающихся на шарикоподшипниках. Средняя часть дисков межвагонного сочленения в большинстве случаев опирается на резиновые опорные колоколообразные пружинные амортизаторы. Переходные диски утоплены заподлицо в пол смежных вагонных звеньев. Сочленения защищены гофрированными шторками.

Конструкцией предусмотрена возможность поворота в плане одного звена кузова относительно другого до 20° , а в вертикальной плоскости — до 2° , что дает возможность вагону вписываться в горизонтальные кривые радиусом 13 м (вагоны ЛВС-66 и SLRV) и в вертикальные кривые: выпуклые — с радиусом 95 м и вогнутые — с радиусом 140 м. Конструкция сочленения обеспечивает безопасный проход пассажиров.

Двери, уровень пола и ступеньки. Число дверей и ширина прохода зависят от длины вагона и характера пассажирообмена на остановках. При преобладании коротких поездок и интенсивного пассажирообмена на остановках предусматривается больше дверей и они делаются шире; на пригородных линиях используются вагоны с меньшим числом дверей; для районов с суровым климатом устраиваются тамбуры. Ширина одинарной двери равна 0,7 м; для обеспечения быстрого пассажирообмена применяются двойные двери шириной 1,4—1,7 м.

Четырехосные вагоны, как правило, имеют по три двери, расположенные у односторонних вагонов при правопутном движении с правой стороны. Часто нормируется отношение общей ширины дверных проемов в свету к длине вагона. В СССР принято отношение не менее 0,2; в ряде стран оно колеблется в пределах от 0,20 до 0,34 для четырехосных вагонов, 0,23—0,25 для восьмиосных и 0,16—0,18 для двенадцатиосных.

Уровень пола вагонов стремятся делать ниже, чтобы пассажирам преодолевать меньшую высоту при посадке с низкой платформы или поверхности дорожного покрытия. Высота пола зависит от размера колес, что обусловлено необходимостью обеспечения свободного вращения тележки относительно кузова вагона на кривых участках, и от базы вагона. При номиналь-

ном диаметре колеса 700 мм уровень пола обычно равен 850—970 мм от уровня г. р. В некоторых случаях, применяя небольшие пандусы в салоне, удается понизить уровень пола у входных дверей на накопительных площадках.

Весьма большое влияние на время, затрачиваемое на посадку и высадку пассажиров, оказывают число и высота ступенек. Высота нижней ступеньки при ненагруженном вагоне не должна быть более 300 мм, а между остальными ступеньками — более 250 мм. Представляют интерес приведенные в табл. 17 результаты хронометража затрат времени на вход в вагон при различном уровне посадочных платформ, различном наклоне линии ступенек, величине зазора между платформой и ступенькой.

Хронометражные наблюдения показывают, что в зависимости от перечисленных факторов время на вход в вагон одного пассажира колеблется в значительных пределах — от 0,5 до 1,2 с. На основании данных наблюдений, проведенных Всесоюзным научно-исследовательским институтом железнодорожного транспорта (ЦНИИ МПС) и Академией коммунального хозяйства им. К. Д. Памфилова (АКХ), установлено нормативное время на вход и выход пассажира: в трамвайный вагон — 1,1 с, в вагон электрички с высокой платформой — 0,85 с и в вагон метрополитена — 0,65 с. При неблагоприятных условиях время посадки может увеличиваться. С точки зрения пропускной способности «специализацию» дверей только для входа или только для выхода делать не рекомендуется. Сейчас в ленинградском трамвае, так же как в метрополитене и на пригородных железнодорожных поездах, сначала из всех дверей выходят, а затем входят. Этот порядок имеет несомненные преимущества и стал применяться также и в ряде других городов.

Планировка салонов и расположение диванов. В салонах односторонних вагонов поперечное расположение, при котором пассажиры едут лицом в направлении движения, наиболее удобно. Между рядами диванов устраивается центральный проход достаточной ширины — 0,7 — 1,2 м. Типичная планировка салона современного вагона показана на рис. 40. При такой планировке в среднем 30% площади салона занято диванами. В вагонах, эксплуатируемых на маршрутах с большим пассажирообменом и небольшой протяженности, площадь, занятая под сиденья, уменьшается. Для пригородного движения число сидений увеличивает до 40—50%.

При создании удобных накопительных площадок вблизи дверей или в целях размещения оборудования вагона применяются короткие продольные диваны (рис. 41). Шаг и размеры диванов, назначаемые при проектировании вагонов, в СССР принимаются по ГОСТ 10022—62.



Рис. 41. Интерьер салона четырехосного вагона скоростного трамвая во Франкфурте-на-Майне

В «двусторонних» вагонах применяются поперечные сдвоенные диваны, так что часть пассажиров сидит спиной к движению (скоростной трамвай Бостона).

Расположение диванов только в продольном направлении, как в отечественных вагонах метрополитена, в вагонах скоростного трамвая не нашло применения.

В вагонах скоростного трамвая, где применена сложная система оплаты проезда (Брюссель), планировка салона усложнена, продольный проход имеет изгибы. Если же применяются только билетные автоматы или компостеры, то они устанавливаются на накопительных площадках (вблизи входных дверей), но так, чтобы при пользовании ими не создавались неудобства для других пассажиров.

В современных вагонах размеры сидений соответствуют антропометрическим нормам (глубина 0,4 м, высота от пола 0,45 м). В большинстве случаев сиденья мягкие, а посадочная поверхность профилирована. Материал и пружины сидений гасят колебания при движении вагонов по неровному пути.

Большое значение придается внутренней отделке салона: широкие окна, плавные, сглаженные очертания потолка и простенков, компактное оборудование, а также подбор фактуры отделочных материалов и цвета оказывают благотворное эмоциональное воздействие на пассажиров и характерны для современного подвижного состава.

Для обеспечения пассажирам удобного обзора местности нижняя кромка окна делается на высоте около 0,8 м, а верхняя (что важно для стоящих пассажиров) — не ниже 1,75 м от пола.

Отопление и вентиляция салона. Поддержание во время поездки оптимального теплового состояния организма и комфортного ощущения важны для пассажиров для обеспечения высокого уровня их работоспособности. Необходимый микроклимат в вагонах создается системой отопления и вентиляции. В большинстве вагонов скоростного трамвая применяется воздушная система отопления, обеспечивающая не только постоянную температуру, но и постоянный обмен воздуха в салоне. Стандартами предусмотрен температурный перепад между салоном и воздушной средой на улице, равный $15-20^{\circ}\text{C}$; при этом зимой температура воздуха в салоне должна быть положительной.

Важную роль в эффективности отопления играют стенки (тепловые ограждения салона). Как правило, салоны современных вагонов отапливаются электропечами или специальными термостатически управляемыми электрокалориферами, обеспечивающими одновременную циркуляцию воздуха в салоне. Обычно печи небольшой мощности $250-500\text{ Вт}$ (на вагоне ЛМ-68М до 380 Вт) устанавливаются под сиденьями; их общая мощность не превышает $8-10\text{ кВт}$.

Большинство отечественных и западноевропейских трамвайных вагонов проветривается через люки и форточки, а на остановках — через двери. При полностью открытых люках и форточках, при нормальном заполнении салона пассажирами на каждого из них подается $20\text{ м}^3/\text{ч}$ свежего воздуха.

В вагонах скоростного трамвая жарких стран, например в Каире, применяется кондиционирование воздуха, обеспечивающее необходимое его охлаждение. Заданный температурный режим пассажирского салона при этом обеспечивается автоматически.

Освещение салона. Наибольшее распространение получили осветительные системы с лампами накаливания; в последние годы все большее применение находят люминесцентные светильники. Частота тока, питающего люминесцентное освещение, применяется в пределах $400-1000\text{ Гц}$; чем она выше, тем меньше ощущается мерцание люминесцентных ламп. В соответствии с международными рекомендациями освещенность в салоне на уровне $0,8\text{ м}$ от пола не должна превышать 100 лк .

Информация пассажиров. Обеспечению четкой, доходчивой информации пассажиров повсеместно придается большое значение.

Для удобства пользования маршрутами в некоторых случаях вагоны отдельных скоростных маршрутов окрашиваются в разные цвета: красный, оранжевый, голубой, зеленый. Для распознавания поезда издали в темное время суток широкое применение получили сигнальные фонари с цветными стеклами. Нумерация маршрутов устанавливается на вагонах так, чтобы она хорошо была видна спереди, сбоку и сзади.

На лобовой стенке вагона помещается табличка (освещаемая вечером) с названием конечных пунктов назначения маршрута. На некоторых зарубежных трамвайных вагонах эта надпись меняется на каждом конечном пункте, облегчая таким образом ориентацию пассажиров о направлении следования вагонов.

Более подробный перечень улиц и узлов, через которые следует поезд, как правило, вывешивается сбоку вагона, в его салоне и на станциях, причем на наземных во многих случаях, а на подземных — всегда.

Информация о следующей остановке и возможных пересадках производится водителем через микрофон и громкоговорители. Возможно и автоматическое оповещение об остановочных пунктах посредством светящихся табло.

В настоящее время в некоторых скоростных трамваях для открывания дверей устанавливаются кнопки: снаружи — на обшивке, а внутри салона — на опорной штанге. П посадка и выход пассажиров контролируются фотоэлектрическими барьерами, позволяющими автоматически закрывать дверь через 4 с после входа или выхода последнего пассажира. Кнопки снижают износ механизмов дверей и экономят тепло. Кроме упомянутых, в вагонах имеются также кнопки для аварийной остановки поезда (стой-краны).

Иногда для удобства пассажиров пригородных СЛТ применяются откидные столики, настенные багажные сетки.

Наружная и внутренняя окраска вагонов. Наружный цвет вагона важен, поскольку он оказывает психологическое воздействие на человека и иногда несет информацию о маршруте. В большинстве случаев вагоны окрашиваются в светлые тона, иногда в яркие. Светлые тона не рекомендуются в городах, где часты туманы; в таких случаях с точки зрения безопасности необходимы яркие полосы. Вагоны скоростного трамвая в ФРГ окрашиваются в два цвета: в кремовый — нижняя часть (до окон) и в красный — верхняя (с оконными простенками).

Во внутренней окраске, с учетом воздействия на человека и цветопередачи при вечернем освещении, понизу преобладают темные тона, на стенах и потолке светлые, в основном теплые.

Наружная и внутренняя отделка вагонов во всех случаях должна соответствовать требованиям технической эстетики и санитарной гигиены. Во внутренней отделке часто используются тонированные, не требующие окраски, а также шумопоглощающие материалы.

§ 12. КОНСТРУКТИВНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ПОДВИЖНОГО СОСТАВА ПРИ НАЛИЧИИ НА СЛТ ПОДЗЕМНЫХ УЧАСТКОВ

При строительстве на СЛТ тоннельных участков с подземными станциями, в будущем предназначенных для ГЖД или метрополитена, возникают трудности, связанные с различием

в устройстве подвижного состава, путей, электроснабжения и сигнализации.

Здесь рассматриваются только технические решения, непосредственно связанные с различиями в подвижном составе: высотой и шириной вагонов, уровнем пола салона, наличием или отсутствием ступенек и расположением дверей, и освещаются решения, предлагаемые или практикуемые в СССР и ряде других стран. Решения зависят от конструкции тоннеля и его очертания — круглого или прямоугольного. Необходимые конструктивные изменения, как правило, вносятся в подвижной состав трамвая, поскольку предполагаемая продолжительность периода его эксплуатации значительно меньше последующего времени постоянной эксплуатации тоннеля метрополитеном или ГЖД.

В СССР (Волгоград, Кривой Рог, Ереван) запроектировано сооружение тоннеля круглого сечения внутренним диаметром 4900 и 5000 мм с одновременным снижением на 100 мм строительной высоты верхнего строения пути и применение специальной конструкции компактной подвески рабочего провода и полупантографа, обеспечивающего токосъем при разной высоте рабочего провода.

В западноевропейских странах преобладают тоннели малого заложения прямоугольного сечения, по высоте достаточные для пропуска поездов ГЖД с пантографом. Имется пример (Бостон, США) эксплуатации комбинированного токосъема; при входе в тоннель на ходу производится переключение на нижний токосъем, что позволяет делать тоннель меньшей высоты.

В СССР ширина вагонов трамвая 2,55 и 2,6 м, а вагона метрополитена 2,7 м; при эксплуатации тоннелей вагонами трамвая дополнительный зазор между вагоном и платформой не создает затруднений.

Западноевропейские трамвайные вагоны, как правило, имеют ширину 2,2—2,3 м (см. табл. 15, 16), а вагоны ГЖД — 2,65 м. В связи с этим при эксплуатации совместно с поездами ГЖД на трамвайных вагонах делается выступ шириной 15 см (рис. 22).

Наибольшие затруднения возникают из-за разности уровней станционной платформы и пола вагонов ГЖД и трамвая и наличия в трамвайных вагонах ступенек для входа с уровня дорожного покрытия или низких платформ (табл. 18). Эти затруднения преодолеваются понижением уровня станционной платформы до высоты, требуемой трамваем, или оборудованием трамвайных вагонов так называемым комбинированным входом *.

* Устройство тоннелей и, в частности, станционных платформ освещено в гл. VII. Конструктивные изменения ходовых частей трамвайных вагонов, позволяющие им двигаться также и по путям метрополитена, описаны в гл. IV.

Высота пола салона и станционной платформы, мм

Высота над уровнем головки рельса	Метрополитен		ГЖД		Трамвай			
	СССР	ФРГ, Гамбург	ФРГ		СССР		ЧССР Т-3	ФРГ
			Франкфурт-на-Майне	Ганновер	КТМ-5М, ЛМ-68	РВЗ-7	Франкфурт-на-Майне	КВЕ *
Пол салона вагона без нагрузки	1200	950	950	970	870	820	900	962/785 **
Первая ступенька	—	—	—	310 ***	360	360	310	520
Платформа на станции или остановке	1100	785	870/560 ****	870	0—150—250	250	560	250

* КВЕ — Кельнско-Боннский междугородный трамвай.

** 785 — при входе.

*** Используется на наземных участках.

**** 560 — временно, при совместной эксплуатации с трамваем.

В Ганновере при открывании дверей у высокой платформы ступеньки закрываются листом, расположенным в уровне платформы.

Во Франкфурте-на-Майне при смешанной эксплуатации путей затруднения, обусловленные разностью уровней пола вагонов ГЖД и СЛТ, преодолены некоторым понижением уровня платформы (до 56 см) и применением поворотной ступеньки (принцип ее работы показан на рис. 42).

Вагоны скоростного трамвая SLRV в Бостоне и Сан-Франциско оборудованы специальными складными ступеньками, позволяющими удобно входить с платформ, построенных на разных уровнях, но не выше уровня пола вагона (рис. 42, г). Описанные устройства используются при боковом расположении платформ в тоннельных участках.

В метрополитенах СССР в большинстве случаев сооружены островные платформы; при этом двери вагонов открываются с левой стороны по ходу поезда. Стремясь не нарушить традицию метрополитена и уменьшить объем работ при реконструкции скоростного трамвая для Кривого Рога и Еревана предложили применять левопутное движение, но только в тоннеле,

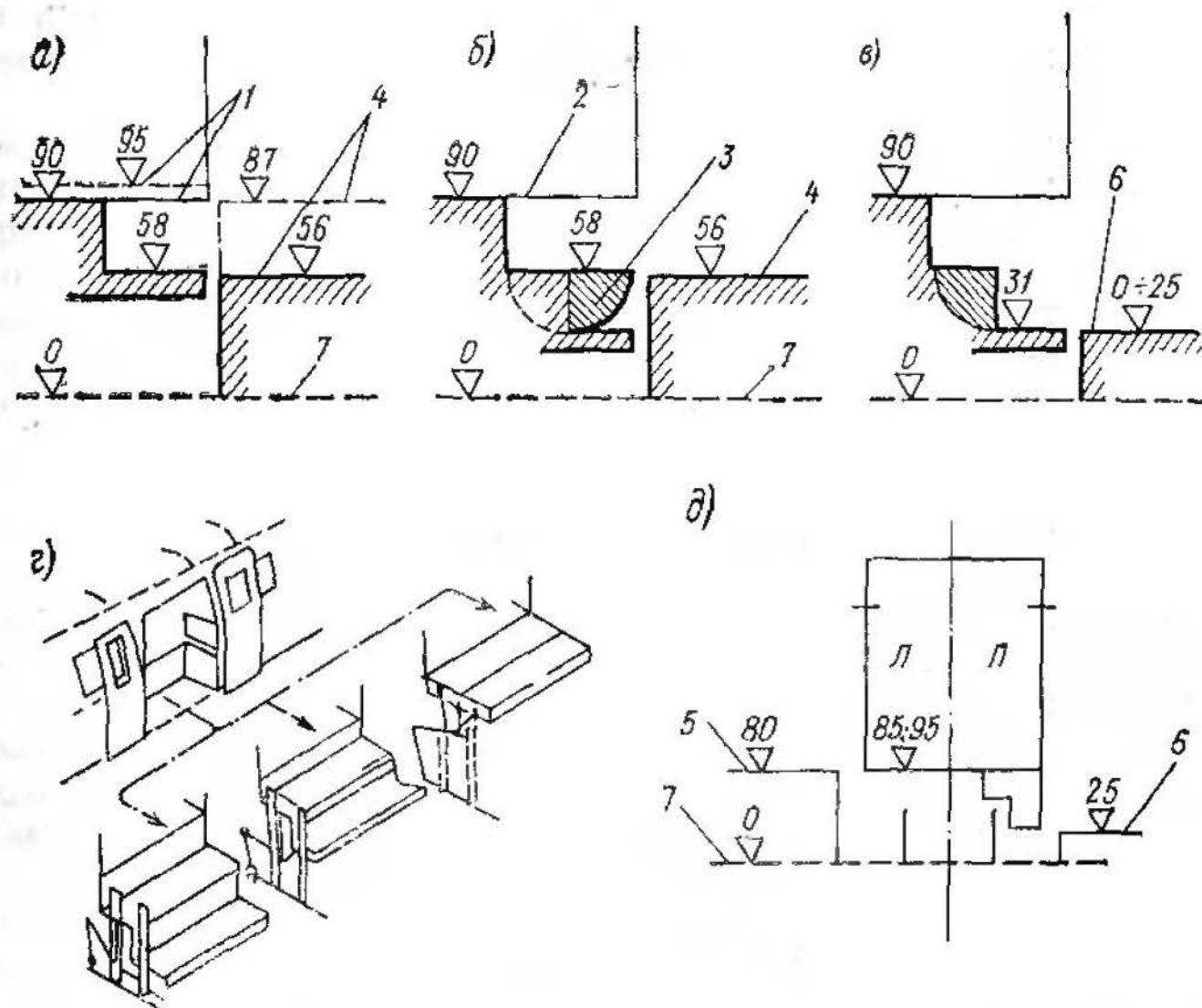


Рис. 42. Конструкции, обеспечивающие вход в трамвайные вагоны с высоких и низких платформ

а — во Франкфурте-на-Майне на участках путей со смешанной эксплуатацией поездов ГЖД и скоростного трамвая; у платформы поезд ГЖД; *б* — там же, у платформы поезд скоростного трамвая; *в* — во Франкфурте-на-Майне на участках путей, эксплуатируемых только скоростным трамваем; *г* — в Бостоне и Сан-Франциско вагоны со складными ступеньками; *д* — вагон трамвая с дверями справа (по ходу) для входа с низких платформ и слева — с высоких платформ; 1 — уровень пола вагона ГЖД (пунктиром — без нагрузки, размеры в см); 2 — то же, вагона трамвая; 3 — поворотная ступенька; 4 — уровень стационарной платформы на участке со смешанной эксплуатацией (пунктиром — после прекращения смешанной эксплуатации); 5 — уровень островной платформы; 6 — уровень платформы на остановке трамвая; 7 — уровень поверхности катания головок рельсов

П, Л — соответственно правая и левая стороны по ходу поезда

а переход на правопутное, сохраняемое на открытых участках, осуществить в разных плоскостях в пределах рампы.

Затруднение с разными уровнями посадочных платформ могло бы быть легко преодолено путем постройки специальных трамвайных вагонов с дверями с обеих сторон: с правой стороны — с обычными ступеньками для наземных участков, а с левой — без ступенек для входа и выхода на высокие островные платформы подземных станций (рис. 42, *д*).

Как уже отмечалось, из-за кривых малых радиусов, уложенных в центральных районах городов старой застройки и в депо, вагоны трамвая в плаие имеют по концам скосы. Дверные проемы вагонов располагаются на этих скосах, и подножки,

таким образом, получаются не параллельными оси вагонов и кромкам платформ, что вызывает неудобства при посадке с платформы в тоннелях.

Кроме того, при въезде трамвайных вагонов с открытых, наземных участков в тоннельные нужно считаться с тем, что при ненастной погоде и снегопадах будут загрязняться тоннели, запотевать окна, меняться коэффициент сцепления и т. д. Тепловая и электрическая изоляция оборудования трамвайных вагонов, рассчитанная на работу на наземных участках, наоборот, будет находиться в лучших условиях, чем в вагонах метрополитена.

§ 13. ХОДОВЫЕ ЧАСТИ И ПОДРЕССОРИВАНИЕ ВАГОНОВ

Большинство тележек современных трамвайных вагонов, предназначенных для скоростного движения, являются безрамными, мостовой конструкции.

Тележка состоит из двух колесных пар, двух кожухов (внутри которых на подшипниках качения помещены оси обеих колесных пар), двух продольных балок с шапками, центрального рессорного подвешивания, опоры для кузова и шкворневого соединения. Продольные балки каждой своей шапкой посредством резиновых прокладок охватывают осевой кожух, что обеспечивает возможность незначительных по величине, но весьма необходимых взаимных упругих смещений.

Тяговые двигатели подвешены на упругих амортизаторах к траверсам, соединяющим продольные балки; такая подвеска называется опорно-рамной. От каждого двигателя крутящий момент передается колесной паре посредством карданного вала

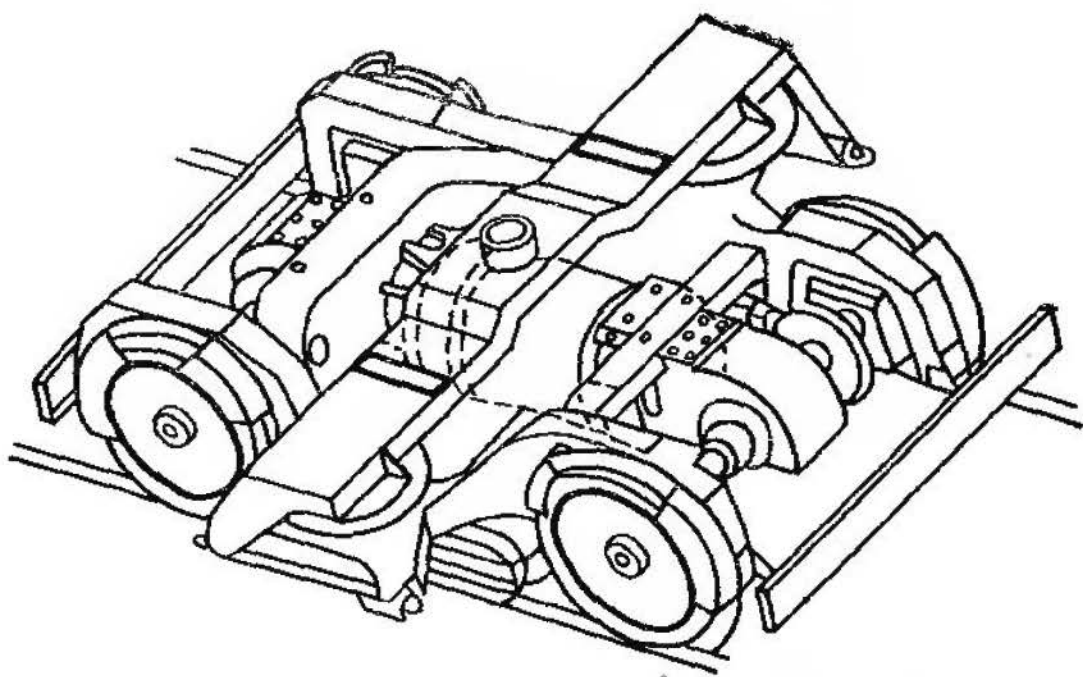


Рис. 43. Тележка метротрамвайного вагона. Двигатель с приводом на обе колесные пары

и двухступенчатого редуктора. Редуктор скреплен с осевым кожухом и образует с ним мост.

Для метротрамвайных вагонов SLRV, U-2 и других изготавливаются тележки с одним двигателем, осуществляющим привод на обе колесные пары (рис. 43). Основой этих тележек является двусторонняя одноступенчатая силовая передача типа ДБТ от одного двухредукторного двигателя (мотор-трансмиссия), подвешенного на осях подрезиненных колесных пар. Нагрузка от рамы тележки передается на оси через резинометаллическое подвешивание. При этом корпус двигателя выполняет роль средней продольной балки, связывающей оси.

Центральное рессорное подвешивание на каждой тележке состоит из двух комплектов, в каждом из которых имеются резиновые кольца и стальные пружины. Последние применены для снижения высоты комплекта резиновых колец; большая высота резиновой рессоры привела бы к потере ее устойчивости и созданию аварийной ситуации. Рессоры сконструированы таким образом, что пружинный и резиновый комплекты работают совместно во всем диапазоне нагрузок.

В последние годы начало внедряться пневматическое (и гидропневматическое) подвешивание, обладающее несомненными преимуществами по сравнению с описанным выше. При таком подвешивании обеспечивается большая плавность хода, гашение колебаний с частотами, неприятными для пассажиров, значительное снижение шума в вагоне. Пневмоподвешивание позволяет регулировать гибкость поддрессоривания в зависимости от нагрузки и в связи с этим обеспечивать постоянную высоту пола. Для возможности осуществления этой регулировки упругие элементы пневмоподвески питаются сжатым воздухом от специального компрессора, устанавливаемого на вагоне независимо от применения воздушного тормоза. При гидропневматическом подвешивании используется гидравлический насос. Вагоны с пневмоподвешиванием (РВЗ-7) изготавливаются в СССР на Рижском вагоностроительном заводе.

База описанных тележек во всех случаях варьируется в пределах 1,8—1,94 м. С точки зрения воздействия на путь этот размер было бы целесообразно увеличить до 2,1—2,2 м. Номинальный диаметр применяемых колес 700 мм (по кругу катания).

Колеса во всех современных трамвайных вагонах подрезиненные, т. е. упруго амортизированные (рис. 44). Это существенно снижает неподрессоренную массу вагона, что исключительно благоприятно отражается на силах взаимодействия пути и подвижного состава; при этом значительно уменьшаются контактные напряжения и подверженность рельсов волнообразному износу.

Поддрессоривание на отечественных вагонах КТМ-5МЗ, РВЗ-6, ЛМ-57, ЛМ-68 и чешском Т-3 пружинно-резиновое. Об-

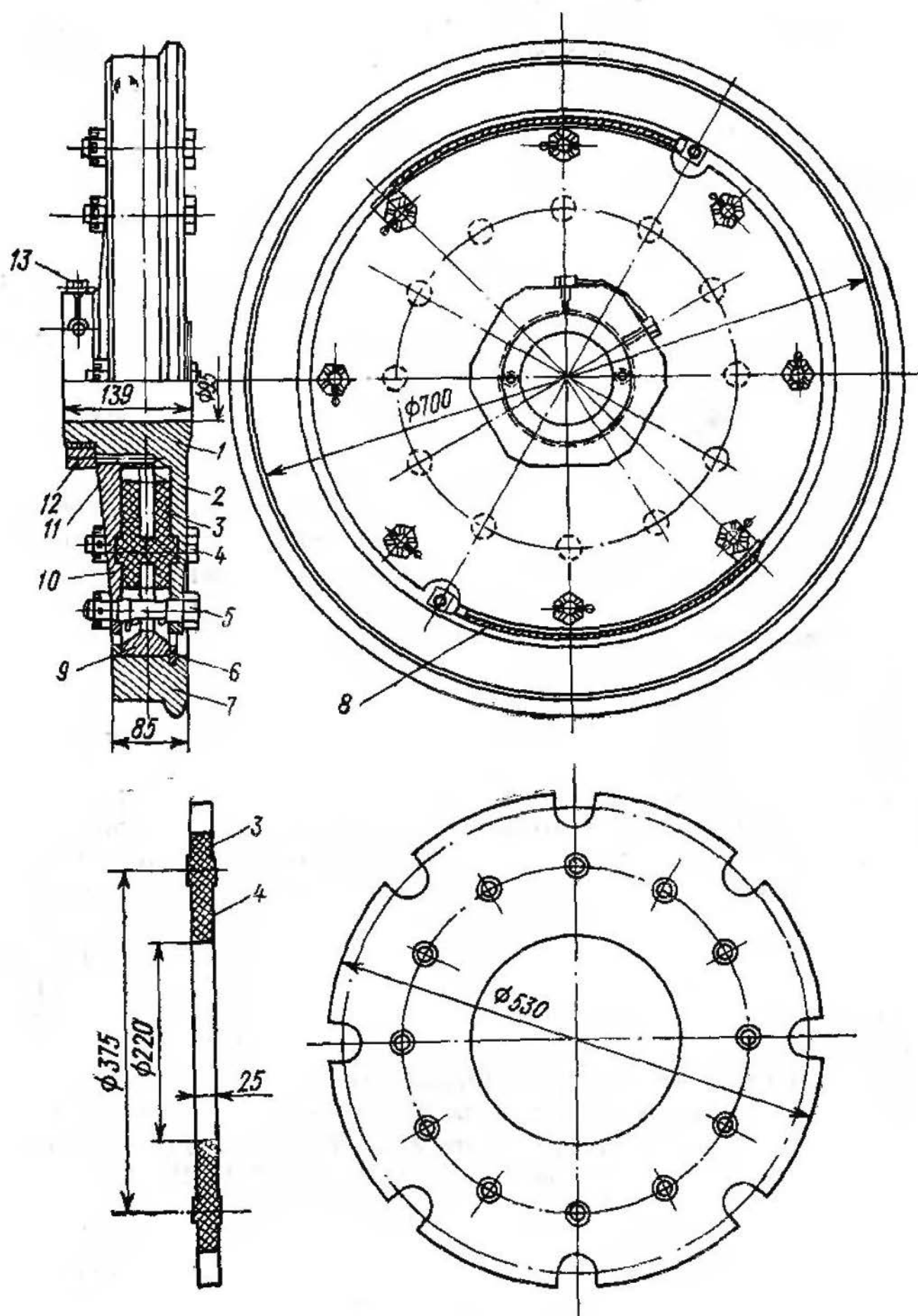


Рис. 44. Конструкция подрезиненного колеса

1 — ступица; 2 — диск внутренний; 3 — прокладка резиновая; 4 — стальная армировка резины; 5 — болт специальный; 6 — кольцо стопорное; 7 — бандаж; 8 — перемычка кабельная; 9 — диск колесный; 10 — шайба нажимная; 11 — шпонка цилиндрическая; 12 — гайка центровая; 13 — болт стопорный

щая гибкость подвески кузова в этих типах вагонов составляет 4,5—5,2 мм/т, гибкость на одну тележку 9—10 мм/т, гибкость одного рессорного комплекта между кузовом и тележкой 17—21 мм/т и одного подрезиненного колеса 0,66—0,90 мм/т. Благодаря высокой гибкости рессорного подвешивания вагоны на тележках мостового типа имеют плавный ход. В отечественном стандарте (ГОСТ 8802—69) записано повышенное требование — показатель плавности хода не должен быть выше 3,5.

§ 14. ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЕ И ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ ПОДВИЖНОГО СОСТАВА

Современные трамвайные вагоны обладают высокими динамическими ездовыми показателями, которые в отечественном вагоностроении соответствуют требованиям государственного стандарта. В соответствии с ГОСТ 8802—69 отечественные вагоны (КТМ-5МЗ, РВЗ-6М, ЛМ-68М) на условном маршруте с эквивалентным подъемом 3⁰/₀₀ при номинальной нагрузке, напряжении контактной сети 550 В, скорости на перегоне 50 км/ч, среднем замедлении не более 1,5 м/с², среднем расстоянии между остановками 350 м, длительности стоянки 10 с и 10% запаса времени на нагон должны развивать скорость сообщения не менее 25 км/ч.

Еще более высокие требования заложены в задании, составленном АКХ и ВНИИВ на проектирование сочлененных вагонов, предназначенных в основном для СЛТ; при аналогичных условиях и длине перегона 1 км, установившейся скорости 65 км/ч*, длительности стоянки 20 с скорость сообщения должна быть 30—32 км/ч.

Для осуществления движения с указанными скоростями повышается энерговооруженность вагонов с 8—10 до 14—20 кВт/т. При сравнительно небольших длинах перегонов на линиях трамвая решающим для достижения высоких скоростей является реализация высоких ускорений и замедлений, что достигается при полном использовании сцепления колес с рельсами. Для этого у четырехосных вагонов «омоториваются» все колесные пары, а у сочлененных все, кроме тележек, несущих механизмы сочленений. Пусковое ускорение при реализации нормального коэффициента сцепления 0,15 равно 1,34 м/с². При равномерном распределении нагрузки между осями и колесами удастся довести коэффициент сцепления до 0,20. Большие пусковые ускорения порожнего вагона, например 1,8 м/с², невозможны по условиям сцепления.

Ускорение при трогании с места достигает максимального значения; в первый период движения оно большое, но затем

* Конструкционная скорость современных вагонов превышает установившуюся на 10—15 км/ч.

при выходе на автоматическую характеристику оно постепенно уменьшается и при установившейся скорости равно нулю.

Применяемое на вагонах автоматическое управление движением обеспечивает не только плавный пуск, но и поддержание необходимого ускорения. В основу автоматизированных систем пуска положены необходимые и допускаемые величины ускорений, например, при трогании интенсивность изменения ускорения $\alpha = 0,5 \text{ м/с}^3$, при этом ускорение возрастает от 0 до $1,3 \text{ м/с}^2$, а скорость соответственно увеличивается.

При принятых напряжениях в контактной сети часовая мощность тяговых двигателей трамвая постепенно повышается с 40—44 до 180 кВт (для одномоторных тележек). Предполагается, что дальнейшее совершенствование изоляции позволит повысить часовую мощность до 200 кВт.

Из распространенных автоматизированных систем управления силовыми цепями получила известность электронная система Симатик (фирмы «Симменс-Шуккерт», ФРГ), повышающая экономичность режимов движения за счет сокращения периодов выбега и торможения и отличающаяся простотой обслуживания.

Вагоны типа U-2 имеют электронию систему управления, рассчитанную на 11 серийных, 9 параллельных и 17 тормозных позиций (с вибровозбуждением полей двигателей на первых ступенях от батареи 24 В в случае экстренного торможения). В них используется подвагонное, блочное размещение всего оборудования с целью его обслуживания извне.

Широкое распространение в СССР и за рубежом получило управление движением двух и более моторных вагонов в поезде по СМЕ, при которой вагоны соединяются только низковольтными проводами управления.

В последнее время внимание вагоностроителей обращено на разработку и применение тиристорно-импульсного регулирования и на возбуждение тяговых двигателей в режиме безреостатного пуска и электрического торможения. Этот способ обеспечивает плавный пуск и торможение, уменьшает расход электроэнергии и создает возможность эффективной рекуперации. Особенно эффективно тиристорное импульсное регулирование на поездах метрополитена.

К недостаткам импульсного регулирования относится повышение первоначальной стоимости вагона, его массы и отрицательное влияние на цепи сигнализации и телекоммуникации.

В СССР тиристорно-импульсное регулирование впервые применено на трамвайном вагоне типа РВЗ-7. Исследования этой системы ведутся также на ленинградском трамвае.

Тормозное оборудование на подвижном составе скоростного трамвая характеризуется почти повсеместным отказом от пневматических и применением электрических систем. Электрические тормоза обеспечивают высокие динамические показатели

поездов скоростного трамвая, надежное и экономичное торможение без износа бандажей и тормозных колодок, а следовательно, без пылеобразования. Служебное торможение чаще всего осуществляется электродинамическим тормозом, а окончательное производится пружинным тормозом барабанного или дискового типа с электроприводом. Эти тормоза обеспечивают замедление $0,9—1,5 \text{ м/с}^2$.

Для экстренного торможения на всех современных отечественных вагонах и большинстве зарубежных используется электромагнитный рельсовый тормоз, питаемый от аккумуляторной батареи и работающий во взаимодействии с электродинамическим. Рельсовый тормоз позволяет получить замедление при экстренном торможении порядка $3—4 \text{ м/с}^2$. Благодаря гарантированной возможности быстро останавливать поезд стало возможным повышать установившуюся скорость движения трамвая на скоростных линиях до $80—120 \text{ км/ч}$.

Метротрамвайные вагоны оборудуются автостопом, взаимодействующим с путевыми сигналами и устройствами системы блокировки и сигнализации, и снабжаются устройствами, ограничивающими скорость и защищающими от юза и буксования.

Кабина управления. Планировка и размещение кабины имеют важное значение для нормальной работы водителя, обеспечивают безопасное движение поезда, гарантируют нормальный, безопасный вход и выход пассажиров.

Место водителя в современных вагонах способствует нормальным условиям его работы. Кабина водителя обеспечивает широкую обзорность трассы, оборудована зеркалами для наблюдения за посадкой и высадкой пассажиров и обстановкой в салоне.

Кроме рукояток, педалей и кнопок, необходимых для управления движением, в кабине размещаются органы управления ножным тормозом, переключением фар, указателями поворота, открывания-закрывания дверей, кнопки звонка, микрофона, стеклоочистители. Там же, на пульте, расположены различные приборы: вольтметры, амперметры, спидометр, часы, а также сигнальные лампы. В отдельных случаях кабины оборудуются радиоустановками для поддержания прямой связи с диспетчером.

Токосяем. Общей характерной особенностью трамвайного транспорта является токосяем от верхнего контактного провода. На вагонах, при их движении на СЛТ, применяются пантографы или полупантографы, которые при цепной подвеске контактного провода обеспечивают равномерное прижатие к проводу как на наземных, так и в тоннельных участках. В некоторых случаях на вагонах, эксплуатируемых на скоростных линиях с тоннелями, устанавливаются дополнительные боковые токосяемники, включаемые при входе в тоннели. Такой токосяем используется в бостонском трамвае с автоматической сменой действия токо-

приемников. В Брюсселе в пределах рампы также автоматически производится смена штангового токоприемника полупантографом, необходимым в тоннеле.

Система энергоснабжения СЛТ. Электрооборудование вагонов питается от контактной сети с напряжением тока в рабочем проводе 550, 600, 750, 800 и 1200 В.

От высоковольтной сети через кабельные линии 35 кВ, проложенные вдоль СЛТ, ток подается на тяговые подстанции. На подстанциях, расположенных на расстоянии 5—7,5 км, напряжение понижается трансформаторами и подается на кремниевые выпрямители. Выходная мощность подстанций не превышает 2500 кВт. Иногда между подстанциями построены посты запаараллеливания. Применяется медный кадмированный контактный провод с компаундной подвеской, при которой расстояния между опорами контактной сети на прямых участках пути составляют 64 м. Минимальное допустимое расстояние между контактной сетью и «землей» 102 мм. Высота подвески контактного провода в нормальных условиях равна 5,5—6,3 м, в тоннелях может понижаться до 3,8 м. Поперечное сечение провода 85—100 мм².

Возврат тока осуществляется по ходовым рельсам, соединенным с положительными шинами тяговых подстанций.

На подстанциях имеются устройства защиты — на высоковольтных смонтирована защита от асимметрии фаз с контрольным проводом, а также от утечки на землю. Выпрямители оборудованы максимальной защитой мгновенного действия, защитой от перегрузки с выдержкой времени и защитой от утечки на землю на стороне переменного тока. Аноды защищены плавкими вставками только у стеклянных и полупроводниковых выпрямителей.

Телеуправление с быстродействующими выключателями на подстанциях и постах секционирования производится с диспетчерского пункта. Положение всех быстродействующих выключателей отображается на мнемосхеме. Для сигнализации положения несоответствия предусмотрены акустические и световые сигналы.

§ 15. ТЕНДЕНЦИИ В СОВЕРШЕНСТВОВАНИИ ВАГОНОВ СКОРОСТНОГО ТРАМВАЯ

В отечественном и зарубежном вагоностроении имеет место постоянное стремление к увеличению емкости вагонов, обеспечению возможности развивать высокие скорости и повышению комфортабельности проезда.

Новые трамвайные вагоны, как, например, типов ЛМ-68М, КТМ-5МЗ, РВЗ-7, построенные на отечественных вагоностроительных заводах, продолжают оставаться универсальными, предназначенными для эксплуатации на всех путях, в том числе скоростных линиях.

Дальнейшее развитие скоростного трамвая и преобразование его в ряде случаев в ГЖД потребовало применения нового подвижного состава. Все острее становится потребность в метротрамвайных вагонах, специально сконструированных для ГЖД и СЛТ, по которым обеспечивается проход по отдельным, подготовленным для этого внутригородским линиям.

Главными отличительными чертами метротрамвайных вагонов, предназначенных для ГЖД, являются:

- удлинение кузова до 20 м и уширение его до 2,7 м;

- увеличение расстояния между шкворнями, т. е. размещение тележек по концам вагона, необходимое для снижения влияния *;

- увеличение базы тележки до 2500 мм;

- уширение и изменение очертания профиля бандажа колес в целях снижения темпа износа;

- увеличение высоты реборды в целях повышения безопасности скоростного движения;

- повышение установившейся скорости до 85 км/ч;

- прямоугольное очертание вагона в плане, при котором двери вагона размещаются на станциях параллельно краю платформы;

- применение двусторонних вагонов и возможность их соединения в двух- и трехвагонные секции с постами управления по концам секции (применение сочлененных вагонов не исключается);

- устройство откидных ступеней, позволяющих эксплуатировать вагоны при платформах разной высоты;

- с целью повышения срока службы механизма открывания дверей — устройство кнопок, на которые пассажиры нажимают при необходимости входа или выхода.

ГЛАВА IV

ПУТЬ СКОРОСТНОГО ТРАМВАЯ

§ 16. РАСПОЛОЖЕНИЕ ПУТЕЙ СЛТ ОТНОСИТЕЛЬНО ГОРОДСКИХ ДОРОГ

Пути скоростных линий трамвая располагаются на поверхности земли (наибольшее протяжение) и на искусственных сооружениях: мостах, эстакадах, путепроводах, в тоннелях и на их рампах.

На поверхности земли пути сооружаются на собственном полотне (независимо от положения земляного полотна ближайшей автомобильной или иной дороги), на обособленном полотне

* Вынос средней точки кузова внутрь кривой при увеличении радиусов кривых теряет практическое значение.

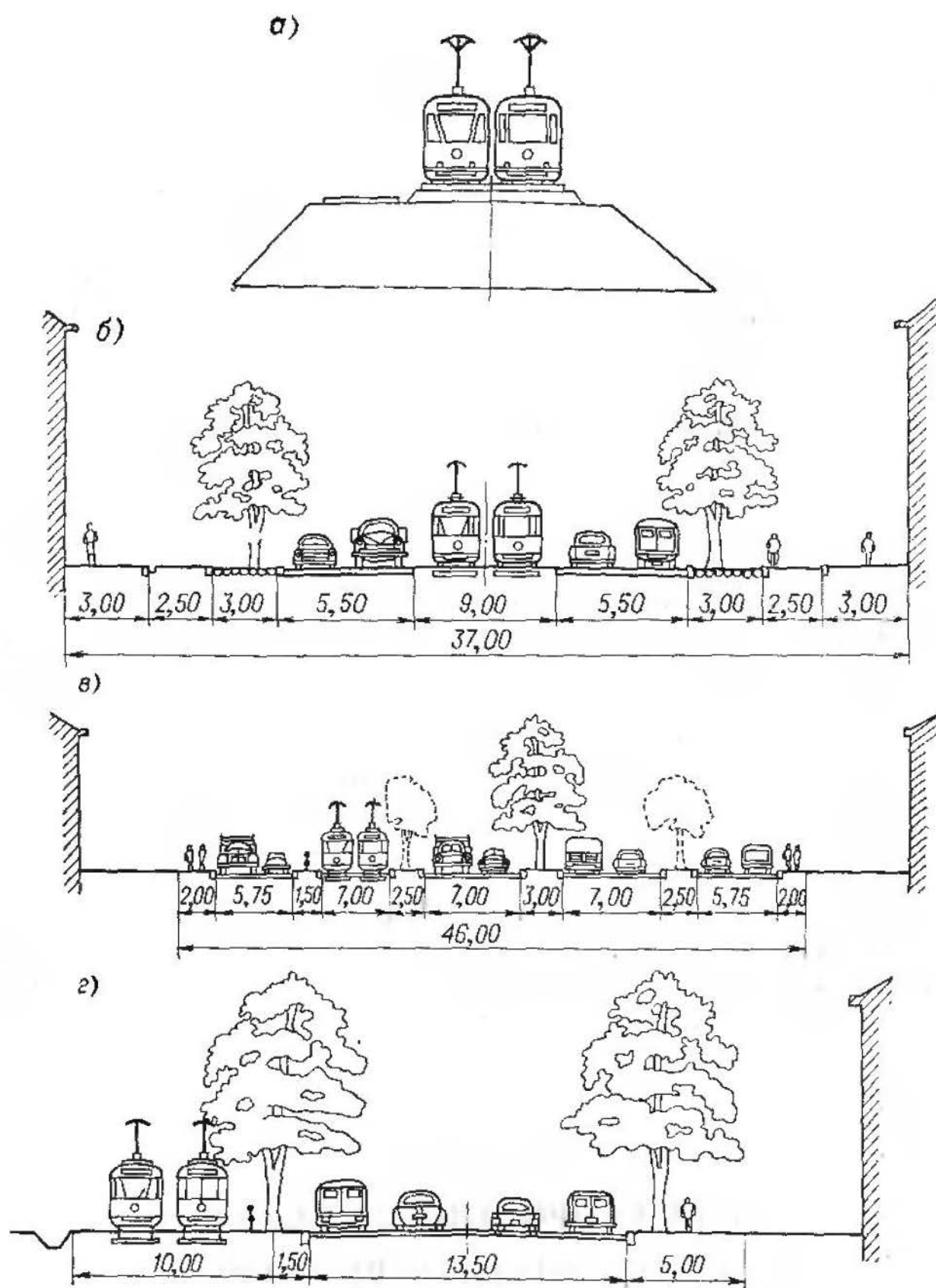


Рис. 45. Расположение полотна СЛТ относительно проезжей части автомобильной дороги

а — собственное полотно (насыпь); б — обособленное полотно на разделительной полосе автомобильной магистрали; в — то же, между магистральной полосой и местным проездом; г — то же, в стороне от автомобильной дороги

и в редких случаях (на коротком протяжении) — на полотне, совмещенном с проезжей частью улицы, имеющей дорожное покрытие. Обособленное и совмещенное полотно конструктивно увязано с автомобильной дорогой или городской улицей.

Основными частями пути являются нижнее и верхнее строение. К нижнему строению относятся: на собственном и обособленном полотне — земляное полотно, на совмещенном полотне (на улице с дорожным покрытием) — котлован, на мостах, эстакадах, путепроводах — пролетное строение и в тоннелях — конструкция тоннеля (бетонное основание пути, размещенное на обделке). К нижнему строению относятся также водоотводные, в том числе дренажные сооружения.

К верхнему строению относятся рельсы, скрепления, шпалы, щебеночное или песчаное основание, стрелки и крестовины, а также применяемое на СЛТ только на переездах дорожное покрытие с его основанием.

Собственное земляное полотно устраивается в виде насыпей (рис. 45, а), полунасыпей, выемок, полувыемок или находится на нулевых отметках.

Обособленное полотно СЛТ располагается в пределах автомобильной дороги, размещается на центральной разделительной полосе (рис. 45, б), между магистральным и местным проездами (рис. 45, в) или в стороне от проезжей части улицы (рис. 45, г).

Положение трассы устанавливается при разработке плана города или схемы развития транспорта на основании технико-экономических расчетов.

При устройстве земляного полотна обращается особое внимание на обеспечение его прочности и безосадочности. При отсыпке насыпей производят послойное уплотнение, позволяющее достичь требуемой прочности грунта.

Вдоль рельсовых путей СЛТ, прокладываемых на собственном полотне, рекомендуется оставлять в пределах основной площадки обочину, используемую для подъезда автомашин с крановым, сварочным и прочим оборудованием (см. рис. 45, а).

Опоры контактной сети на СЛТ, как правило, выносятся за пределы основной площадки земляного полотна. При этом расстояния между осями путей, связанные с габаритом подвижного состава и зазором безопасности, приняты в СССР для СЛТ равными 3,2 и 3,4 м [33]. Размер 3,4 м унифицирован с путями метрополитена в тоннеле. Если же в будущем предусматривается пропуск по СЛТ железнодорожного подвижного состава, то расстояние между осями путей увеличивается до 4,1 м.

Если опоры контактной сети все же устанавливаются в междупутье, то указанное расстояние увеличивается до 3,55 м. На Стрельнинской скоростной линии в порядке исключения сохранено расстояние между осями путей 3,76 м.

За рубежом часто за счет уменьшения зазора безопасности (при тех же или даже больших габаритах вагонов) принимается расстояние 3 м.

В зависимости от характера и интенсивности движения по автомобильной дороге и возможности появления пешеходов полотно СЛТ ограждается. Чаще всего применяются огражде-

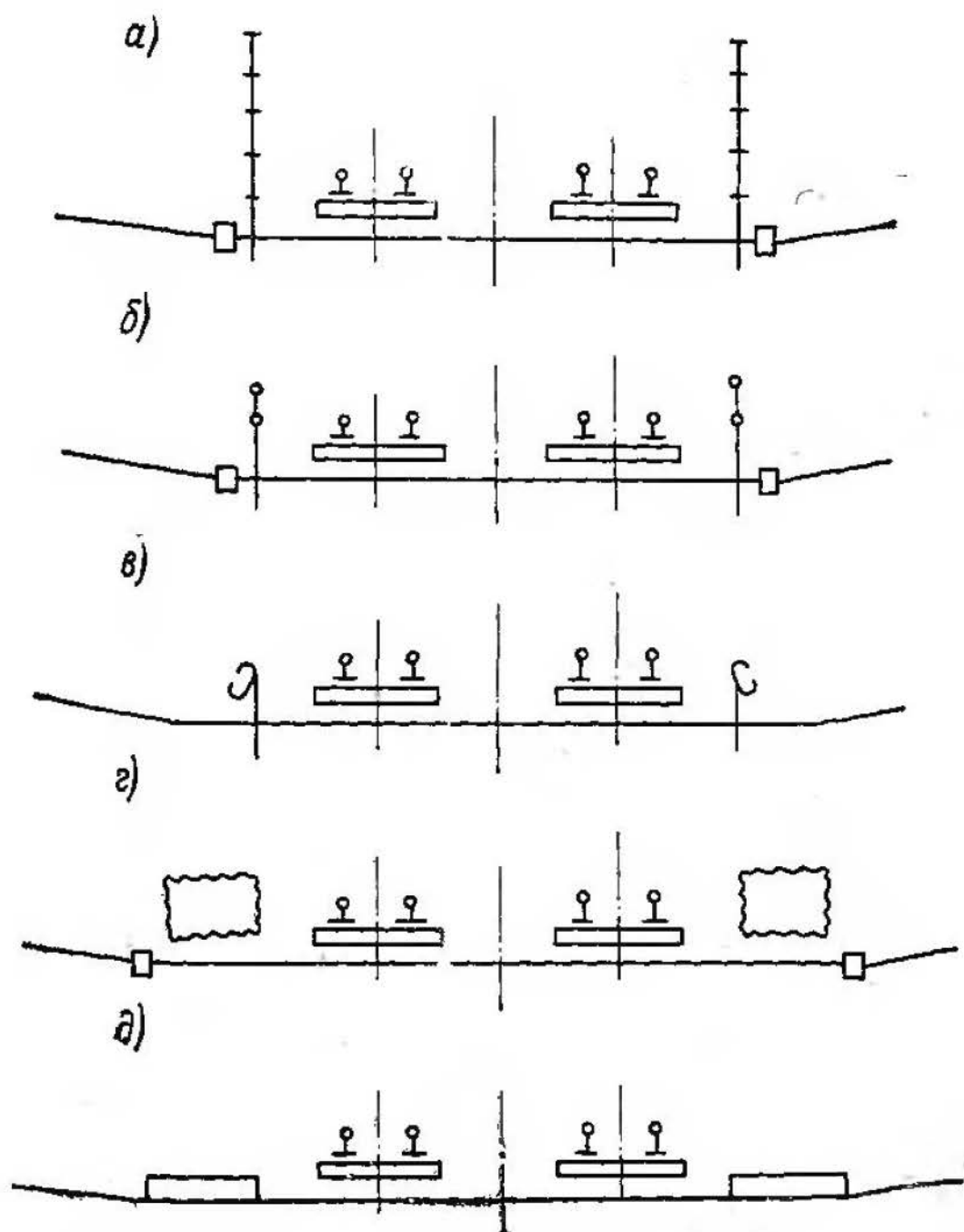


Рис. 46. Способы ограждения полотна скоростных линий трамвая

а — решетчатое или сетчатое; *б* — прутковое (трубчатое); *в* — жесткое или упругое (бамперное) барьерное; *г* — кустарниковое; *д* — габаритной полосой

ния из зеленых насаждений, решетчатые, прутковые, барьерные, а при малом объеме движения — габаритная полоса (рис. 46). Кустарник и сплошной барьер устраиваются не выше 1—1,2 м от уровня г. р.; в противном случае ухудшается обзор местности водителем. При любой конструкции ограждения водителю должна обеспечиваться возможность обзора пути на два-три тормозных расстояния.

На одной и той же СЛТ, в зависимости от местных условий, способы ограждения и условия взаимного положения полотна СЛТ и автомобильной дороги могут меняться.

Искусственные сооружения применяются для преодоления естественных преград или для вынесения полотна СЛТ на дру-

гой уровень, т. е. для полной его изоляции. Последнее достигается сооружением эстакад или тоннелей.

Мосты малых пролетов отличаются от аналогичных железнодорожных только расчетной нагрузкой и почти не отличаются от мостов для обычного трамвая. На больших мостах полотно СЛТ отделяется от проезжей части автомобильного транспорта.

Пересечения СЛТ с путями железных дорог (магистральных, междугородных и городских), метрополитена, других СЛТ, обычного трамвая осуществляются только в разных уровнях.

Разветвления (соединения) СЛТ и примыкания к ним линий обычного трамвая производятся в узлах, располагаемых в непосредственной близости к остановочным пунктам.

Пересечения СЛТ с автомобильными дорогами, главными улицами города, проездами осуществляются, как правило, в разных уровнях. Обычно путепроводы в центральных районах города при наземной прокладке СЛТ сооружаются через 1—2 км, в районах периферийной застройки — через 2—3 км. Планировочные решения путепроводов разнообразны; если путепроводы сооружаются только для путей СЛТ, то их конструкции просты. Поскольку остановочные пункты часто устраиваются на пересечениях с крупными городскими магистралями, то сооружаемые путепроводы дополняются пешеходными переходами, совмещенными с выходами на посадочные платформы (рис. 47).



Рис. 47. Развязка в разных уровнях на СЛТ в Киеве

В исключительных случаях, при весьма незначительной интенсивности движения по пересекаемым автомобильным дорогам, в пригородах или по второстепенным подъездным железнодорожным путям устраиваются или сохраняются переезды или пересечения в одном уровне, но с обязательным применением шлагбаумов и автоматической сигнализации.

§ 17. КОНСТРУКЦИИ ВЕРХНЕГО СТРОЕНИЯ И ОСНОВАНИЯ ПУТИ

Рельсовый путь скоростного трамвая, метрополитена или железной дороги является инженерным сооружением, предназначенным для восприятия давлений, передаваемых ему колесами подвижного состава, распределения этих давлений на земляное полотно и направления движения колес по рельсовой колее. Через дорожное покрытие, которое встречается на переездах скоростных линий трамвая, на путь передается еще давление от колес безрельсового транспорта.

Отличие рельсового пути от большинства других инженерных сооружений заключается в том, что не удастся предотвратить изменений жесткости пути по его длине и, как следствие, появления и развития неравномерных остаточных деформаций.

Процесс движения вагонов по рельсовому пути является колебательным процессом самовозбуждающейся системы подвижной состав — пути.

Колебания этой системы возникают вследствие изменения жесткости пути по его длине, отклонений в положении рельсовых ниток в плане и профиле, неправильностей в очертании бандажей, различий в степени упругости и трения в узлах подвески.

Работа трамвайного пути отличается от работы железнодорожного меньшим отношением массы подвижного состава к массе пути, особенно при укладке железобетонных шпал. Нагрузки от колес на рельсы на железной дороге вдвое превышают нагрузки от трамвайных вагонов; скорости движения скорых пассажирских железнодорожных поездов на перегонах примерно в 2 раза больше скорости трамвайных вагонов.

Частота движения поездов на железной дороге значительно ниже, чем на трамвайных линиях. По частоте приложения нагрузки трамвайные пути могут сравниваться только с путями метрополитенов.

Путь скоростного трамвая в основном такой же, как обычного трамвая, однако имеет ряд конструктивных особенностей — к нему предъявляются более жесткие требования, обусловленные большим динамическим воздействием на путь при движении с большой скоростью.

Основная задача в области конструирования пути для скоростного трамвая заключается в создании конструкции, мало чувствительной к динамичности нагрузок, сохраняющей дли-

тельное время положение пути в пределах приемлемых допусков, в сокращении затрат труда и средств на ликвидацию накапливающихся расстройств. Это требование учитывается и при конструировании подвижного состава для скоростного трамвая и заключается в создании вагонов, мало чувствительных к неизбежным неровностям пути и передающих нагрузки на путь без существенной динамики.

Нормальная эксплуатация современных трамвайных вагонов, движущихся с высокой скоростью, может происходить только по прочному и стабильному пути.

В отечественных научно-исследовательских институтах и конструкторских бюро параллельно с созданием современных вагонов скоростного трамвая ведутся исследования и разработки усовершенствованных путевых конструкций, способов их укладки, ремонта и эксплуатации. Исследования, проведенные в ЛНИИ АКХ под руководством автора, завершились разработкой и внедрением улучшенных конструкций пути и его элементов, железобетонных шпал и рельсовых скреплений, а также составлением нормативных документов [33, 34, 35], позволивших проектировать, строить и эксплуатировать пути скоростных линий трамвая.

Поскольку верхнее строение и основание пути представляют собой единую конструкцию, то размеры и типы ее элементов подобраны гармонично, с учетом оптимизации конструкции.

В зависимости от грузонапряженности и скорости движения установлены три категории трамвайных путей [33]. Пути скоростных линий (независимо от их грузонапряженности) отнесены к первой категории. Параметры верхнего строения и основания пути для этой категории даны в табл. 19. Типовые профили верхнего строения пути на наземных участках СЛТ, показанные на рис. 48, применяются на всех линиях скоростного трамвая в СССР. Аналогичные конструкции с применением шпал укладываются на скоростных линиях зарубежных трамваев.

Более 99,99% протяжения рельсовых путей во всех странах приходится на шпальные конструкции. В течение 160 лет существования железных дорог и 90 лет трамвая в разные периоды делались безуспешные попытки укладывать рельсы на продольные лежни, рамы, блоки и тому подобные конструкции. В Нью-Йорке, Москве и Ленинграде было затрачено много сил и средств на эксплуатацию, а затем на разборку монолитных бетонных конструкций трамвайных путей. В Киеве были изготовлены и уложены на большом протяжении железобетонные рамы, которые через 2—3 года разрушались и были заменены шпалами. Однако поиски новых конструкций продолжают вестись как за рубежом, так и в СССР.

На железных дорогах СССР построено несколько опытных участков с железобетонными рамами, в ЧССР и Японии —

Конструкции верхнего строения пути на СЛТ

Участки СЛТ	Наземные и на искусственных сооружениях									
Нижнее строение	Собственное и обособленное полотно									
Подшпальное основание	Щебеночное									
Шпалы	Железобетонные					Деревянные				
	Типовые трамвайные ЛШ-5, трамвайные КШ-63П, железнодорожные С-56-3, С-56-2, С-56-1	ЛШ-5, КШ-63П				Деревянные				
План линии	Прямые и кривые, не требующие применения контррельсов	Кривые $200 \geq R > 75$ м **	Кривые $R \leq 75$ м	Прямые * и кривые *	Кривые $200 \geq R > 75$ м	Кривые $R \leq 75$ м	Прямые и кривые $R \geq 200$ м			
Ширина колеи, мм	1521, 1524	1524	1532	1521, 1524	1524	1532	1521, 1524	1532	1521, 1524	

Рельсы	Р65, Р50***	Тв65	Тв 65	Р65, Р50***	Тв65 и с контррельсами Р65 и Р50	Тв65, Р65, Р50 и с охранными рельсами и контррельсами
Промежуточные скрепления	ЛС-053, ЛС-055, ЛС-072, ЖБ-65, ЖБ-50, КБ-65, КБ-50, К2-65 и К2-50****	ЛС-053, ЛС-054, ЛС-055 и ЛС-072		Д4-65, Д4-50, Д2-65, Д2-50 и шурупное нераздельное	Шурупное нераздельное	Д4-65, Д4-50, Д2-65, Д2-50 и шурупное нераздельное

Покрывтия пути (кроме переездов)	Для предохранения щебеночного основания от загрязнения может применяться покрытие железобетонными плитами путей на обособленном полотне, а в районах остановочных пунктов — на собственном полотне и эстакадах					
----------------------------------	--	--	--	--	--	--

* Кривые, не требующие применения контррельсов.

** На крутых уклонах с $R \geq 400$ м.

*** Возможно также применение рельсов Р75 и в исключительных случаях Р43.

**** Взаимное соответствие типов рельсов, шпал и скреплений см. в работе [27, табл. 3].

Участки СЛТ		Тоннельные									
Нижнее строение	Тоннели круглого сечения	Тоннели прямоугольного сечения									
		Бетонное					Щебеночное				
Шпалы	Подшпальное основание	Деревянные					Железобетонные				
		Шпалы	Полушпалы	Шпалы	Шпалы	Шпалы	ЛШ-5, КШ-63П, С-56-3, С-56-2	ЛШ-5, КШ-63П	Деревянные		
План линии		Перегоны	Остановочные пункты	Кривые $R \leq 200$ м **	Перегоны	Остановочные пункты	Кривые $R \leq 200$ м **	Перегоны	Остановочные пункты	Кривые $R \leq 200$ м **	
		прямые и кривые * вые*			прямые и кривые * вые*			прямые и кривые * вые*			
Ширина колеи, мм		1521, 1524	1524, 1532	1524, 1532	1521, 1524	1524, 1532	1524, 1532	1521, 1524	1524, 1532	1524, 1532	

Рельсы	Р50	Тв65 и с контррель- сами Р50	Р50	Тв65	Р50	Тв65 и с контррель- сами Р50
Промежуточные скрепления	Д4-50 и типа «метро»	Стуловое типа «мет- ро» и шу- рупное	ЛС-053, ЛС-055, и КБ-50	ЛС-053, ЛС-055	Д4-50	Стуловое типа «мет- ро» и шу- рупное
Покрытия пути (кроме переездов)	Нет		Железо- бетонные плиты	Нет	Железо- бетонные плиты	Нет

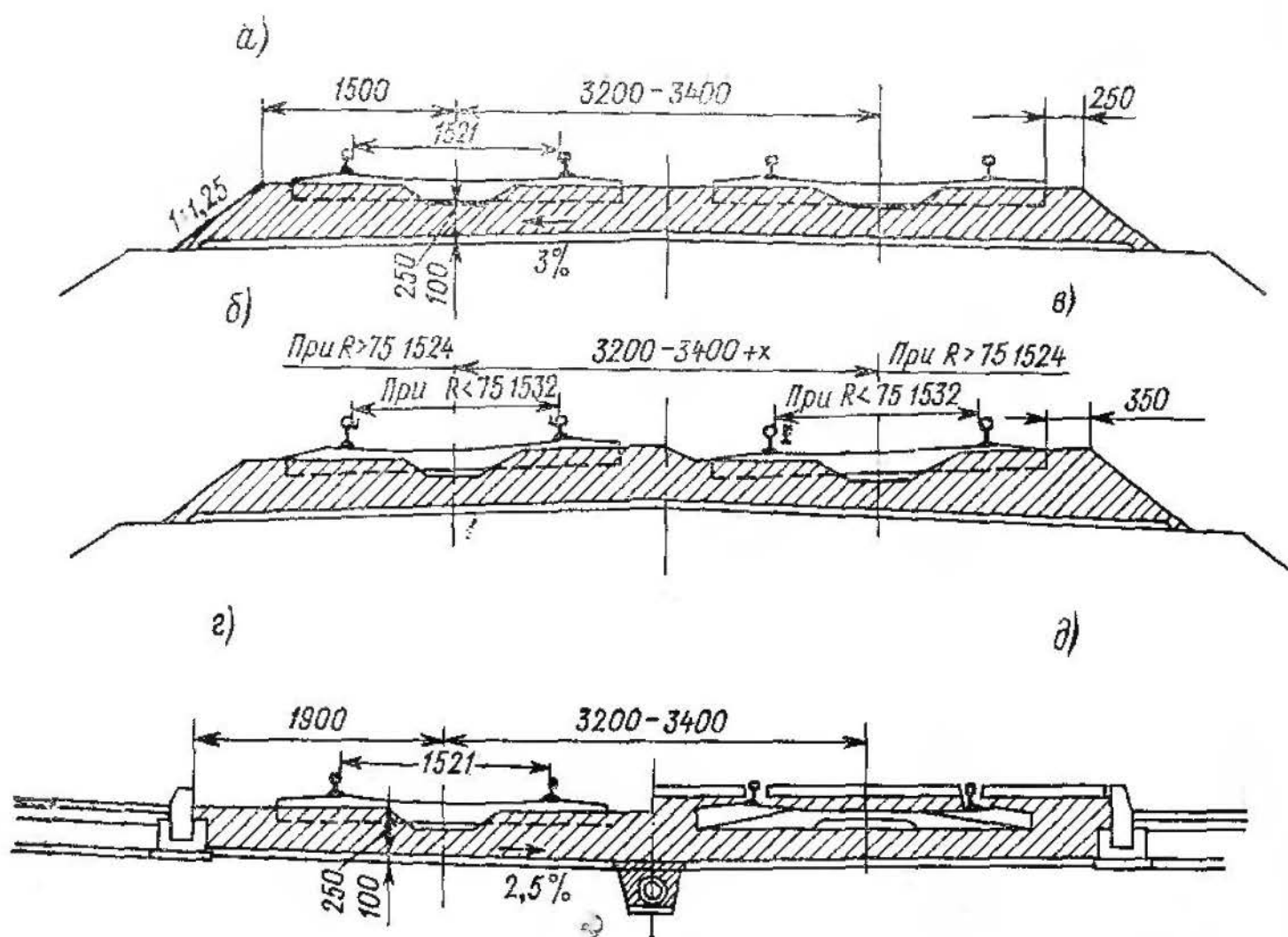


Рис. 48. Типовые поперечные профили трамвайных путей на наземных участках скоростных линий

а — на собственном полотне, на прямом участке; б — то же, на кривом участке, с желобчатыми рельсами; в — то же, с железнодорожными рельсами и контррельсами; г — на обособленном полотне; д — то же, с декоративным плитным покрытием

с плитами. Основной недостаток таких конструкций заключается в перерасходе материала, большой трудоемкости при строительстве, трудности выравнивания пути в профиле и плане, ненадежности имеющихся рельсовых креплений. Поэтому для наземных участков СЛТ наиболее простой, индустриальной в сборке звеньев, обеспечивающей механизированную, в том числе звеньевую укладку, остается путевая конструкция на деревянных или железобетонных шпалах. Бесшпальные путевые конструкции более успешно применяются на мостах, эстакадах и в тоннелях.

Рельсы для СЛТ. В путях отечественных и зарубежных СЛТ применяются рельсы железнодорожных типов, т. е. безжелобчатые. Трамвайные желобчатые рельсы с толстой губой* используются только на кривых участках малых и средних радиу-

* Трамвайные желобчатые рельсы с тонкой губой предназначены для применения на прямых участках с дорожным покрытием, а с толстой губой — на кривых участках радиусом менее 200 м, независимо от наличия дорожного покрытия. Губа предохраняет желоб от попадания в него материала дорожного покрытия, а на кривых участках служит дополнительным рабочим кантом.

сов, которые укладываются на оборотных петлях и редко на перегонах [33].

На обычных трамвайных линиях, сооружаемых в новых жилых районах, как правило на обновленном полотне, также применяются железнодорожные рельсы.

Рельсы железнодорожных типов по форме напоминают двутавровую балку, которая хорошо сопротивляется изгибу. При одинаковом ресурсе железнодорожного и трамвайного желобчатого рельсов на последний тратится больше металла, так как часть его расходуется на образование губы.

Иногда делаются неверные предложения по применению на прямых участках скоростных трамвайных линий желобчатых рельсов на том основании, что четыре канта якобы безопаснее для движения. Такое предложение опровергается мировой практикой. На линиях, на которых современные поезда развивают скорость свыше 200 км/ч (например, между городами Москва и Ленинград на Октябрьской железной дороге в СССР, Нью-Токайдо в Японии и др.), эксплуатируется путь с двумя, а не четырьмя рабочими кантами.

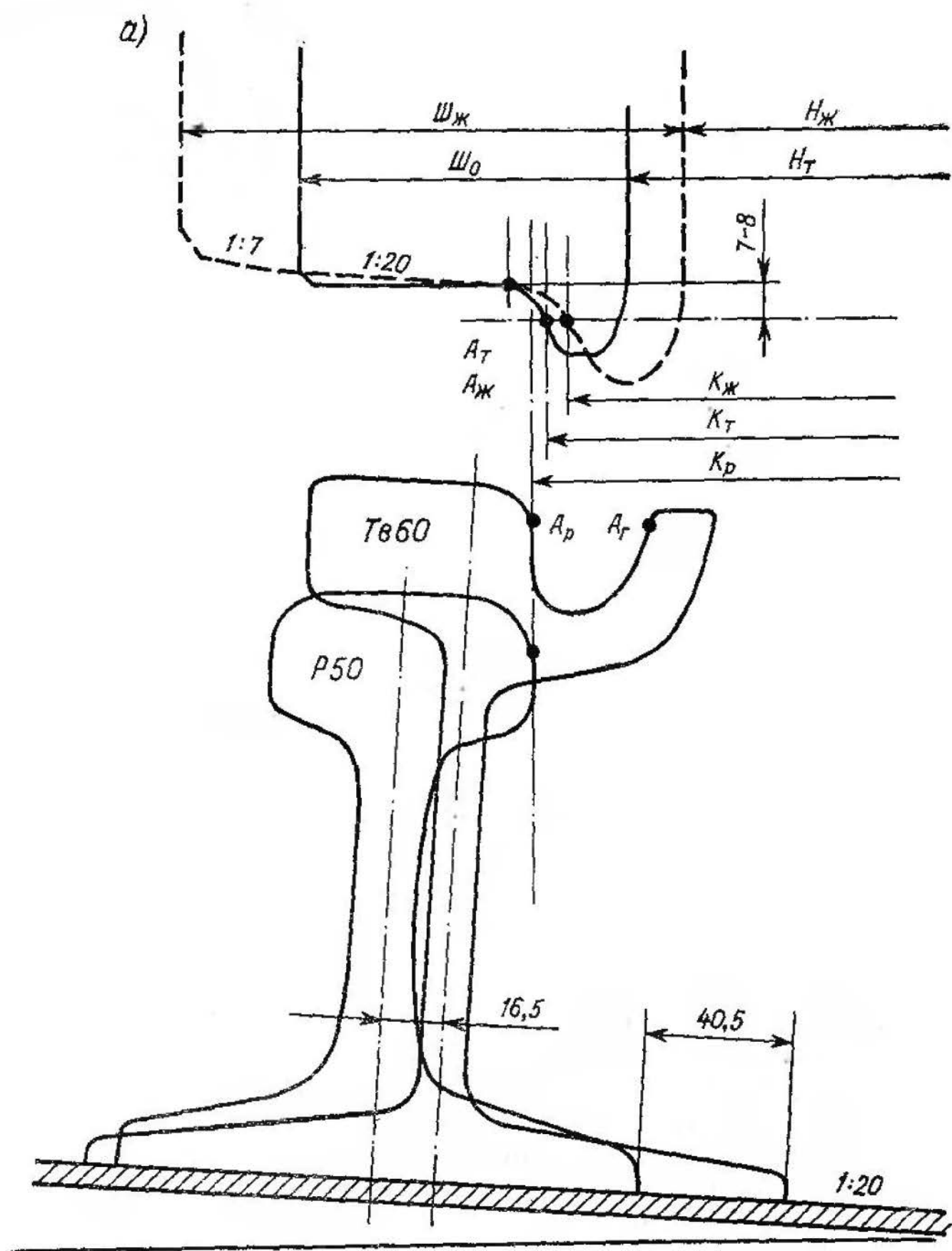
В путях СЛТ применяются рельсы тяжелых типов. Появляющиеся в пути неровности вызывают колебания во взаимодействии пути и подвижного состава, которые подчиняются вероятностным, а не функциональным законам. Для предотвращения интенсивного развития просадок и расстройств пути экономичнее применять более тяжелые рельсы и обосновывать выбор их веса не расчетом прочности, а по суммам трудовых и материальных затрат на укладку и эксплуатацию пути*. Проведенные по данной методике расчеты показали, что тяжелые рельсы типов Р75, Р65 и Р50, уложенные в путь СЛТ, оказываются наиболее эффективными (табл. 19).

На зарубежных СЛТ чаще всего применяются рельсы UIC-60 (60,3 кг/м), S-49 (49,4 кг/м), а при небольших нагрузках и на подземных линиях — S-41-U.

О взаимном соответствии профилей колес и рельсов на СЛТ. Трамвай является единственным видом рельсового транспорта с колесами трамвайного профиля, движущимся по рельсам, предназначенным как для железнодорожного, так и трамвайного транспорта; подвижной состав железных дорог и метрополитена может двигаться только по рельсам железнодорожного профиля (рис. 49, а).

До сих пор профили новых (неизношенных) бандажей трамвайных колес не соответствовали профилям рельсов, как железнодорожных, так и поставленных с подуклонкой трамвайных. Взаимно не соответствовали радиусы выкружек (см. табл. 20), положения и очертания поверхностей катания, а ширина бан-

* По опытам автора, под максимальной эксплуатационной нагрузкой в кромках подошвы возникают напряжения, не превышающие 900 кгс/см², что значительно ниже предела текучести рельсовой стали.



даже явно недостаточна для движения по железнодорожным рельсам.

В процессе эксплуатации колеса трамвайных вагонов и рельсы любого профиля взаимно прирабатываются и образуют так называемые среднесетевые очертания.

Исследования автора показали, что бандаж трамвайного колеса, обточенный по среднесетевому профилю (рис. 49, б), позволяет существенно повысить безопасность в течение всего периода эксплуатации и дать значительную экономию металла,

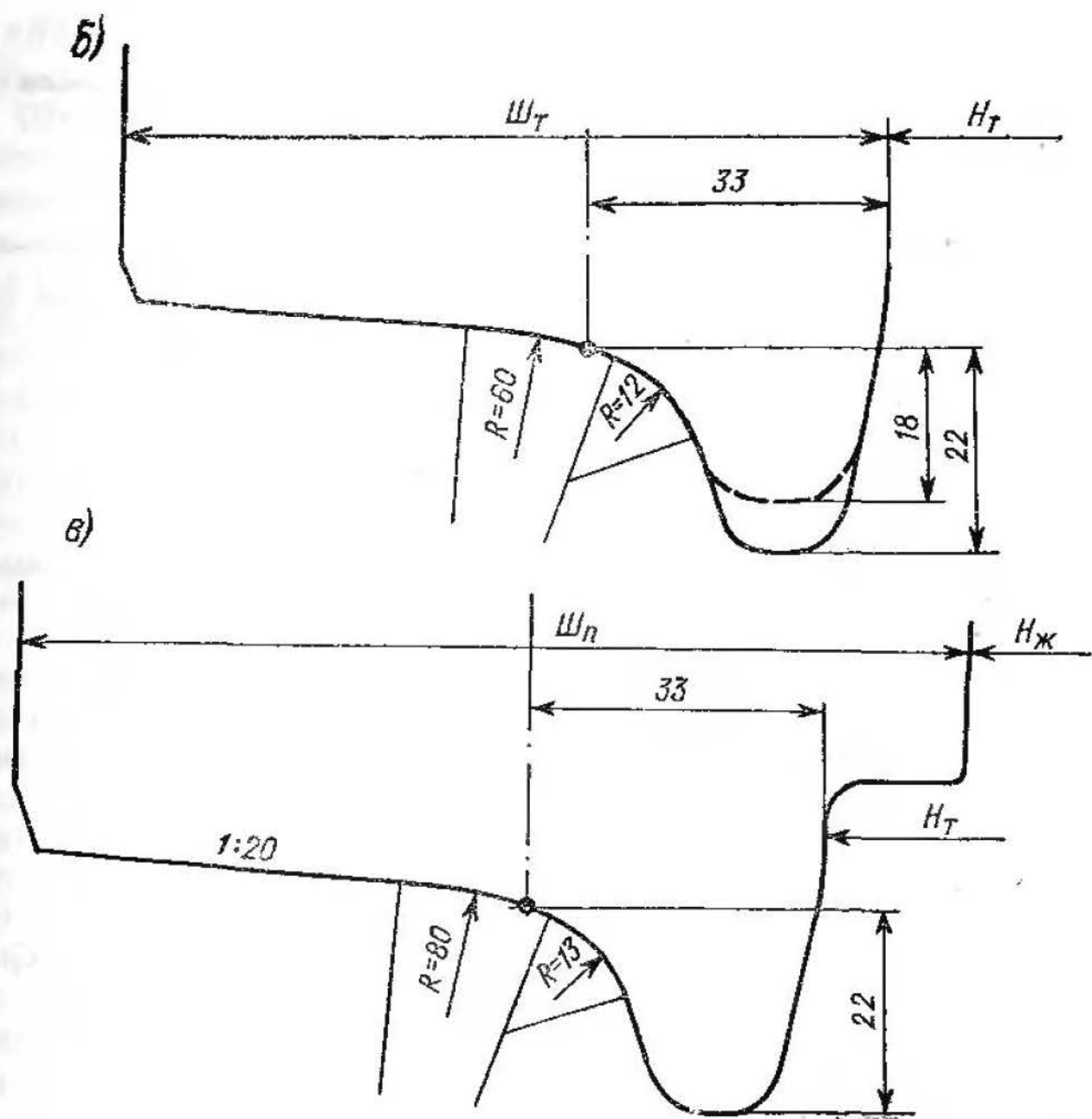


Рис. 49. Профили бандажей колес трамвайных вагонов и рельсов

а — совмещение профилей неизношенных бандажей трамвайного (сплошной линией) и железнодорожного (пунктиром) вагонов и сопоставление их с профилями рельсов; б — профиль бандажей среднесетевого очертания с ребордой высотой 22 мм (сплошной линией) преимущественно для СЛТ и 18 мм (пунктиром) для обычных трамвайных линий; в — профиль бандажа для трамвайных и метротрамвайных вагонов для движения по путям СЛТ и ГЖД.

Ар — рабочий кант рельса; Аг — рабочий кант губы трамвайного рельса; Ат, Аж — точки касания колес с рельсами в плоскости колес; Кр — рельсовая колея, 1524 мм (суженная — 1521 мм); Кт — колесная колея трамвайных вагонов, 1518 мм; Кж — колесная колея железнодорожных вагонов; Нт — насадка трамвайных колес, 1474 мм; Нж — насадка колес железнодорожных вагонов, 1440 мм; Шо — ширина современного бандажа трамвайного вагона, 85 мм; Шт — ширина бандажа среднесетевого очертания, 95—100 мм; Шп — то же, для движения по путям СЛТ и ГЖД, 116 мм; Шж — то же, железнодорожного вагона, 130 мм

увеличив ресурс бандажа. Колеса со среднесетевым очертанием бандажей и увеличенной высотой реборды (22 мм вместо 18) проверены в эксплуатационных условиях и подтвердили целесообразность их применения на подвижном составе скоростного трамвая*.

* Для трамвайных путей обычных линий рекомендуются вагоны с колесами, имеющими среднесетевые очертания бандажей и реборды нормальной высоты (18 мм). Бандажи с ребордами высотой 22 мм начали применяться в массовом порядке в большинстве трамвайных предприятий УССР.

Величины радиусов выкружек между поверхностью катания рельсов и боковой гранью и соответствующих им выкружек на колесах

Состояние	Радиус выкружки, мм		
	на колесе трамвай- ного вагона	на рельсах типов	
		Тв60, Тв65	P75, P65, P50, UIC-60, S-49
Новые	9—10	5,6	13—15
С износом	10—12,5		2—12 *

* Меньшее значение относится к случаям разной траектории качения колес первой и второй осей тележки.

Поскольку подвижной состав трамвая, оборудованный колесами с ребордами высотой 22 мм, вписывается в кривые малых радиусов, то маршруты скоростного трамвая можно на ограниченном протяжении выпускать на сеть обычного трамвая.

Бандажи с новым профилем, повышающим безопасность движения, разрешили вопрос о широком применении экономичных железнодорожных рельсов на СЛТ и вообще в трамвайных путях без дорожного покрытия (70% общего протяжения). Скоростные и большая часть обычных линий прокладываются на обособленном полотне, что обуславливает применение железнодорожных рельсов; такое положение сохранится длительное время.

Различия в устройстве пути для скоростного трамвая и метрополитена не ограничиваются только очертанием рельсов, но касаются прежде всего мощности конструкции, обусловленной различными нагрузками, а также (из-за разных размеров насадки колес и толщины реборд) ширины желобов на кривых участках пути и различной конструкции стрелочных переводов.

Возможное в будущем переоборудование скоростного трамвая в ГЖД потребует соответствующего переустройства пути. Так, совместная эксплуатация путей поездами ГЖД и скоростного трамвая во Франкфурте-на-Майне и в Милане потребовала не только приспособлений в конструкции входных дверей и ступенек на вагонах трамвая, но и их ходовых частей.

Значительно раньше в СССР А. А. Каменский и И. П. Граве разработали стрелочный перевод для пропуска вагонов как железной дороги, так и трамвая. Такой перевод успешно использовался в течение двух десятилетий в Ленинграде в районе трампарка им. Коняшина.

В настоящее время на основе проведенных исследований автором разработан унифицированный профиль бандажа (рис. 49, в), который может применяться на трамвайных и

метрограмвайных вагонах для нормальной эксплуатации по путям СЛТ и ГЖД.

Шпалы. На СЛТ применяются деревянные и предварительнонапряженные железобетонные шпалы. К деревянным шпалам проще прикреплять рельсы; они обладают упругостью, которую при железобетонных шпалах создают резиновыми прокладками. Однако пути на деревянных шпалах обладают значительными недостатками: они неодинаковы по поперечному сечению, упругости и жесткости при изгибе; недолговечны, так как их физические свойства с течением времени существенно меняются. Создаваемая этим неоднородность пути усугубляется частой одиночной сменой шпал. При деревянных шпалах необходимы трудоемкие ремонты, и, главное, путь на деревянных шпалах недостаточно устойчив для скоростных линий. Кроме того, даже для обычных линий дальнейшее применение деревянных шпал экономически нецелесообразно, так как на производство шпал расходуется высокосортный крупномерный лесоматериал, перевозимый на дальние расстояния.

В течение по крайней мере 60 лет внимание инженеров-путейцев привлекал железобетон как материал для шпал. Однако применение железобетонных шпал на зарубежных железных дорогах и в ряде трамвайных предприятий СССР длительное время не давало положительных результатов.

Недостаточный срок службы шпал из обычного железобетона обусловлен недостаточной трещиностойкостью в растянутых зонах, некачественным изготовлением, применением низкомарочных цементов и использованием рельсовых скреплений (очень часто с деревянными вкладышами), не соответствовавших новому материалу. Кардинальное изменение произошло после создания предварительно-напряженного железобетона, из которого в 1942—1947 гг. были изготовлены первые шпалы. Применение высокомарочного бетона и высокопрочной проволоки при удачных конструкциях как самой шпалы, так и скреплений стало повсеместным.

В результате исследований различных конструкций, проведенных на экспериментальных участках и в лаборатории, разработана конструкция специально трамвайной струнобетонной шпалы ЛШ-5 (ГОСТ 21174—75), предназначенной для применения на скоростных и обычных трамвайных линиях, в звеньевых и бесстыковых путях с рельсами железнодорожных типов Р75, Р65, Р50, Р43 и желобчатых Тв60 и Тв65 и скреплениями, как специально разработанными для данных условий, так и железнодорожными [27].

К началу 1976 г. шпалы ЛШ-5 эксплуатировались на скоростных линиях в Ленинграде, Волгограде и Саратове, а также в 40 трамвайных предприятиях на обычных линиях. Наибольшее протяжение пути на этих шпалах имеет место в Свердловске, Краснодаре, Прокопьевске, Ижевске, Курске и др.

Осмотр шпал, проработавших разные сроки, убедил в том, что они в необходимой мере прочны, надежны и вполне соответствуют трамвайным нагрузкам и условиям эксплуатации.

С целью прогнозирования срока службы шпал проведены испытания образцов на пульсаторе. Эти испытания неоднократно повторялись для разных типов шпал, новых и проработавших в пути различное время. Испытания на пульсаторе, проведенные в 1960 г. по методике М. Ф. Вериги, В. В. Серебренникова и О. Я. Берга, с образцами шпал ЛШ-5 первой серии позволили прогнозировать срок их службы, равный 50 годам. Образцы из этой же серии после 11 лет эксплуатации, в течение которых они испытали 14 млн. нагружений, были подвергнуты аналогичным испытаниям, также подтвердившим прогноз о сроке их службы.

Испытания и эксплуатационные наблюдения, проведенные на скоростных и вылетных линиях трамвая, показали, что во всех случаях, когда путевые работы доведены до конца, шпалы хорошо подбиты и путь выправлен, состояние пути отличается стабильностью и обеспечивает безопасное движение с высокими скоростями. Равномерную, высокой плотности подбивку шпал щебнем обеспечивают подбивочные машины, как, например, ШПМ-02.

Долговечность путевой конструкции, плавность движения по пути, а следовательно, и экономичность достигаются при определенной степени его жесткости или податливости. Бесшумность качения колес по рельсам достигается ровностью колеи и резиновыми вкладышами в колесах вагонов, резиновыми прокладками под рельсами и пружинным прижатием рельсов к опорам.

Рельсовые скрепления. Основная работа скреплений заключается в обеспечении устойчивого положения рельсов на шпалах, предотвращении опрокидывания и сдвига рельсов в поперечном и продольном направлениях. Скрепления воспринимают и перерабатывают большую часть динамической нагрузки от рельсов; вследствие этого они рассматриваются в качестве одного из важнейших элементов пути. Существует много различных конструкций скреплений для трамвайных, а еще больше для железнодорожных путей, но лишь немногие из них отвечают требованиям современных условий эксплуатации.

Для СЛТ наиболее пригодны скрепления, обладающие необходимыми упругими прокладками под подошвой рельсов. Применение в скреплении пружин для постоянного прижатия рельса к шпале исключает возникновение ударов при передаче нагрузки. Такие скрепления надежны, не теряют своих упругих свойств с течением времени, просты и нетрудоемки при монтаже и обслуживании.

В настоящее время для деревянных шпал пока лучшим решением скрепления остаются пружинные костыли. Скрепления

с костылями или шурупами с использованием деревянных вкладышей в железобетонных шпалах из-за ограниченного срока службы непригодны не только на СЛТ, но и на обычных линиях трамвая. Пока ограниченное применение получили втулки (дюбели) из пластмассы и синтетических материалов.

В результате исследований, проведенных в ЛНИИ АКХ, Мюнхенском высшем техническом училище и др., наиболее пригодными для СЛТ считаются нераздельные болтовые или защелкивающиеся конструкции креплений, в которых применены резиновые прокладки, плоские или витые пружины или пружинные скобы (рис. 50).

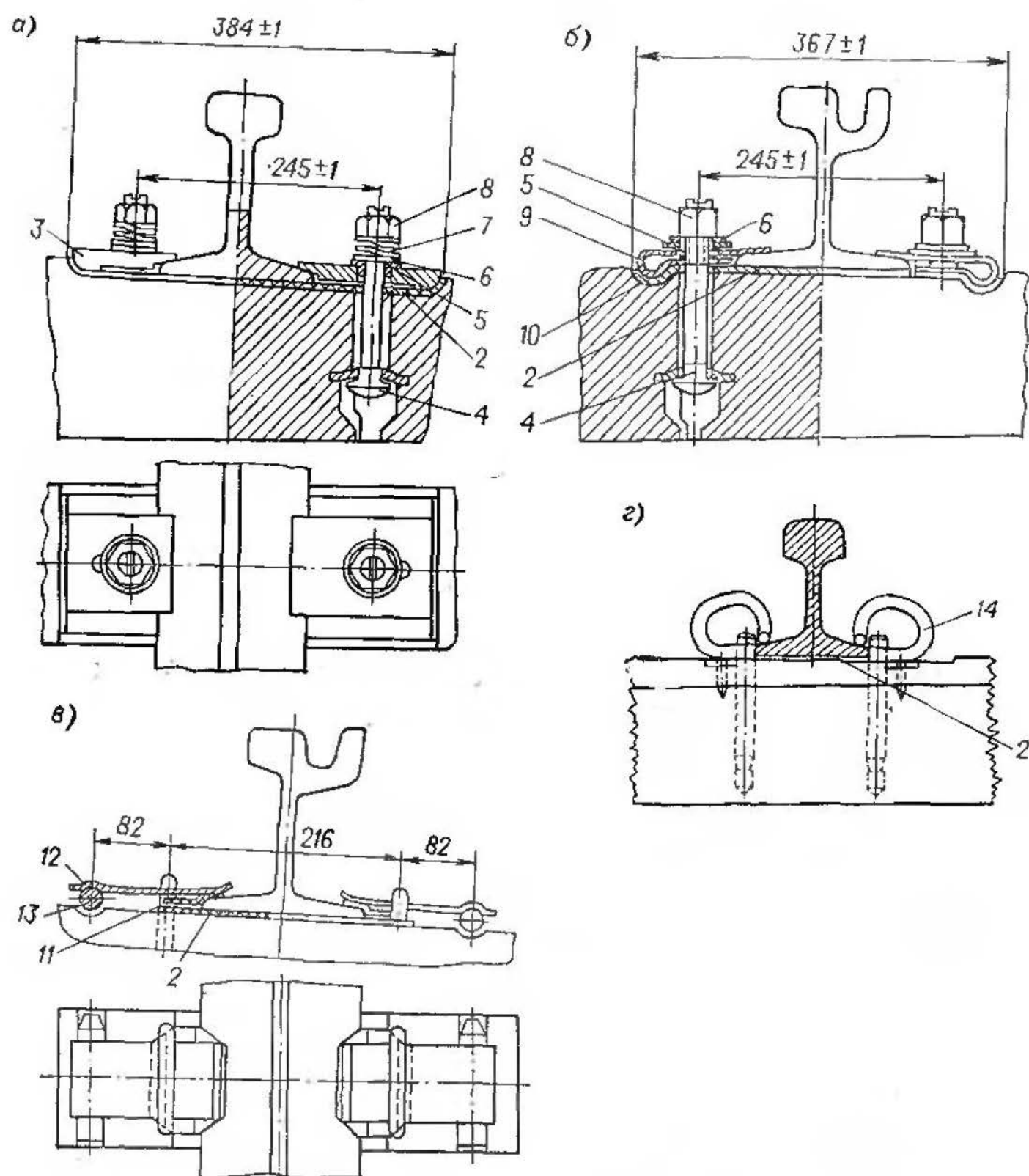
Скрепления ЛС-053 (рис. 50, а) широко применяются на скоростных и обычных линиях трамвая. Они пригодны для прямых и кривых участков пути; колея шириной 1521, 1524, 1528 и 1532 мм создается постановкой клеммы ЛК соответствующего типоразмера, а переход от одного размера колеи к другому при одном и том же типе рельса осуществляется перестановкой тех же клемм с одной стороны рельса на другую.

Оптимальная упругость пути. На основе исследований в области механики рельсового пути, связанных с определением наивыгоднейших параметров пути, его оптимальной упругости, интенсивности затухания колебаний (рассеивания энергии) и распределения давлений, определены значения оптимальной упругости пути. Конструкции пути на шпалах ЛШ-5 со скреплениями типов ЛС-053, ЛС-055 и ЛС-072 по упругости близки к этим значениям.

Считающаяся оптимальной упругость пути предопределяет оправданное технико-экономическими расчетами оптимальное сочетание расхода энергии на движение и темпа износа подвижного состава и пути при наибольшем комфорте (скорость сообщения, плавность движения). Определение оптимальной упругости трамвайного пути представляет сложную, но важную народнохозяйственную задачу [26]. Анализ данных по сопротивлению движению как функции жесткости пути, по износу рельсов на путях различной жесткости и по зависимости между конструктивными типами путей и материальными затратами на их строительство и эксплуатацию позволил установить, что оптимальная жесткость трамвайного пути характеризуется значениями модулей упругости в пределах от 600 до 1000 кгс/см².

Бесстыковой путь на открытых участках. На СЛТ применение звеньев (со стыками) пути недопустимо из-за возникающих деформаций рельсов (смятия концов) и просадок основания, шума и интенсивного износа пути и подвижного состава, поэтому на скоростных и часто на обычных линиях используется теплоустойчивый бесстыковой путь на открытых (незамощенных) участках.

Движение трамвайных поездов на бесстыковом пути происходит более плавно, с меньшим шумом, с большей скоростью



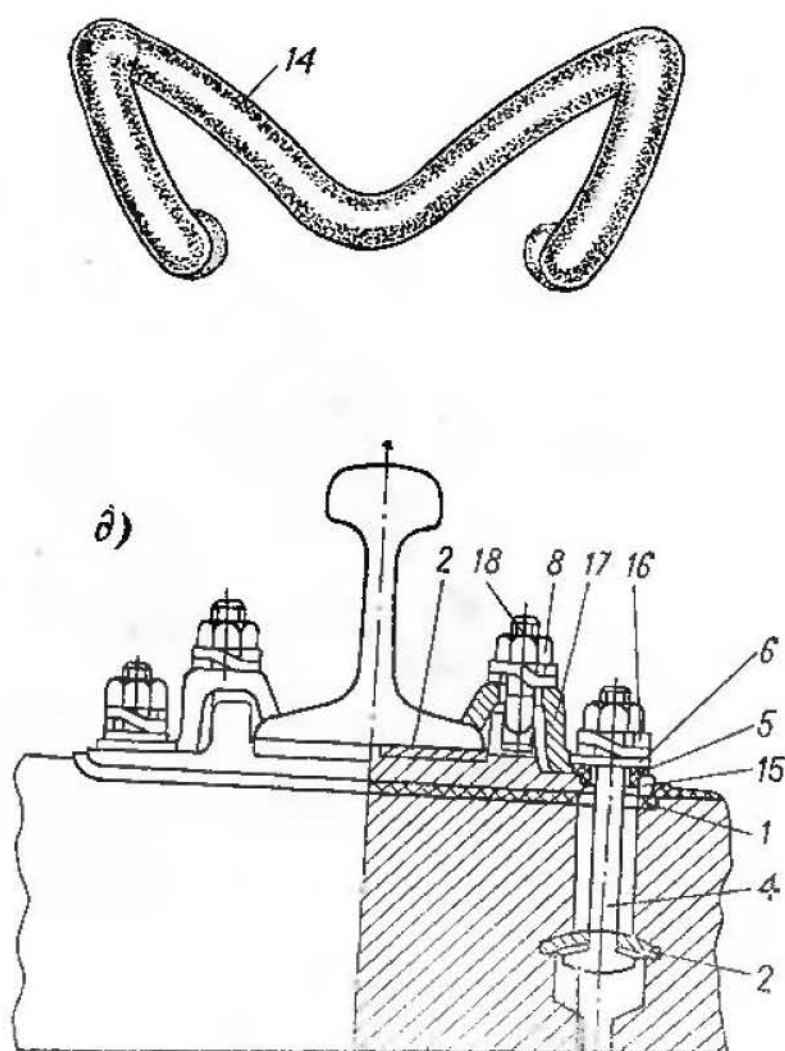
и безопасностью; при этом повышается комфорт проезда для пассажиров.

На бесстыковом трамвайном пути благодаря снижению динамичности взаимодействия пути и подвижного состава уменьшается износ элементов пути (рельсов примерно на 20—25%) и подвижного состава, увеличиваются межремонтные сроки, уменьшается на 10% основное удельное сопротивление движению и снижаются блуждающие токи.

Дополнительные затраты на сварку рельсов окупаются в течение первого или второго года эксплуатации бесстыкового пути. Трудоемкость и стоимость текущего содержания пути снижаются на 15—20%. Результаты исследований позволили значительно расширить область применения бесстыкового пути;

Рис. 50. Рельсовые крепления для деревянных и железобетонных шпал на СЛТ

а — упругое болтовое крепление типа ЛС-053 для трамвайных железобетонных шпал (СССР); б — упругое болтовое крепление (с двухслойной пружиной) типа ЛС-055 для трамвайных железобетонных шпал (СССР) для пути на кривой; в — упругое защелкивающееся крепление типа ЛС-072 для трамвайных железобетонных шпал (СССР); г — пружинные скобы для деревянных и железобетонных шпал (ФРГ); д — раздельное жесткое крепление типа К только для железнодорожных шпал типа С-56-2; 1 — резиновая прокладка под подкладкой; 2 — резиновая прокладка под рельсом; 3 — прижимная клемма ЛК; 4 — закладной болт М22; 5 — текстолитовая изолирующая втулка; 6 — шайба; 7 — трехвитковая пружинная шайба; 8 — гайка М22; 9 — двуслойная пружинная клемма АТ; 10 — подклепная резиновая прокладка; 11 — регулирующий боковой упор; 12 — пластинчатая пружина; 13 — опорный залик; 14 — пружинная скоба Sbu 1; 15 — ребордчатая металлическая подкладка; 16 — одновитковая шайба; 17 — промежуточная клемма; 18 — клеммный болт



для этого разработаны температурно-напряженная и температурно-ненапряженная системы.

К температурно-напряженному относится бесстыковой трамвайный путь, у которого в средней его части отсутствуют продольные температурные перемещения плетей и происходят только температурные изменения напряжений в рельсах. Путь этой системы является наиболее прогрессивным и совершенным типом трамвайного пути.

Температурно-напряженный бесстыковой трамвайный путь без дорожного покрытия может применяться в трамвайных предприятиях СССР, расположенных во всех его дорожно-климатических зонах, при этом без сезонных разрядок напряжений в рельсах [35].

В зависимости от наибольшей и наименьшей температуры в рельсах рассматриваемой трамвайной линии и конструкции пути сварка рельсов в длинные рельсовые плети и закрепление плетей должны производиться в определенном температурном интервале. Для средней полосы европейской части СССР этот интервал находится обычно в пределах от $+5$ до $+30^{\circ}\text{C}$.

В температурно-напряженном пути тепловые деформации ограничиваются только концевыми частями плети.

Длина рельсовых плетей ограничивается только местными условиями (мост, узел и т. п.). Практика показала, что эксплуатация плетей длиной более 2 км затруднений не вызывает.



Рис. 51. Стрелочный перевод на СЛТ

Температурно-ненапряженная система бесстыкового пути на скоростных линиях не применяется.

Стрелочные переводы и узлы. Стрелочные переводы на наземных и в тоннельных участках СЛТ укладываются только вблизи остановочных пунктов или станций, а также на оборотных петлях, располагаемых тоже, как правило, на поверхности земли. Такое расположение стрелок и крестовин исключает проход по ним поездов с высокой скоростью.

Стрелочные переводы применяются для однопутных и двухпутных ответвлений, располагаемых отдельно и в треугольных узлах. Глухие пересечения на СЛТ не допускаются, за исключением перекрестных съездов. В тоннельных участках вершины треугольных узлов взаимно удалены и пересечения здесь, несмотря на применение простейшей системы сигнализации, небезопасны (Вена, Кельн).

На СЛТ применяются стрелочные переводы следующих конструкций: трамвайные «закрытого» (с дорожным покрытием) типа с криволинейными острьями, криволинейными и прямыми крестовинами, получившие широкое распространение в городах на всех обычных линиях трамвая; специальные, созданные для СЛТ, железнодорожного «открытого» типа с криволинейными (рис. 51) и прямыми острьями и крестовинами. Железнодорожные стрелочные переводы с вкладыванием накатов для пропуска трамвайного подвижного состава на СЛТ не допускаются.

Стрелочные переводы трамвайного типа применяются двухперые и одноперые с радиусом кривизны 100 и 50 м (в Ленин-

граде — 30 м). Желательно, чтобы остряк, переводная кривая и крестовина имели одинаковый радиус кривизны. В районе глухого остряка и мертвого пространства крестовин трамвайного типа реборда при движении касается наката, что допустимо только при пониженных скоростях (у остановочных пунктов).

Для ответвлений в тоннелях можно временно использовать стрелочный перевод «закрытого» типа, но при этом положение центра перевода диктуется элюрой будущего перевода, предназначенного для метрополитена (рис. 52). Центры переводов должны совпасть, а стрелка смещается на величину, зависящую от перемены радиуса переводной кривой.

Стрелочные переводы на СЛТ оборудуются электроприводом и снабжаются блокировкой. Все стрелочные переводы на наземных участках, в тоннелях и на эстакадах укладываются на шпально-щебеночное основание.

Стрелки трамвайного типа с подвижными и глухими остряками и крестовины, как правило, применяются литыми из высокомарганцовистой стали. Переводные кривые в узлах и на

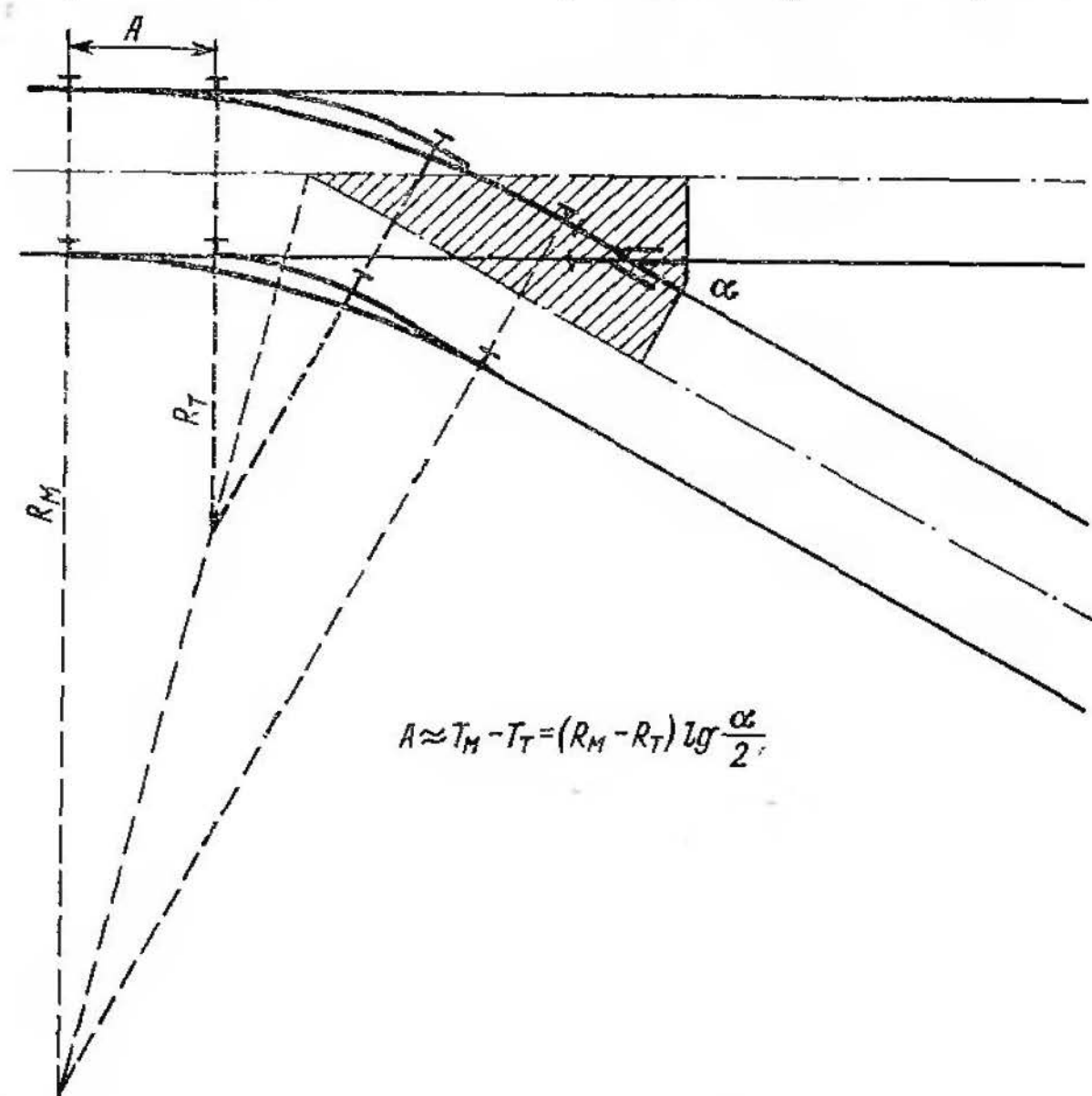


Рис. 52. Совмещение элюр стрелочных переводов при временном использовании трамвайного перевода с малым радиусом переводной кривой

оборотных петлях на СЛТ в СССР рекомендуется укладывать из рельсов Тв65, прокатанных из углеродистой, среднемарганцовистой или высокомарганцовистой стали. Стыки в узлах рекомендуется сваривать.

Дорожное покрытие. На служебных переездах и переходах устраивается покрытие из сборных железобетонных плит или асфальтобетона. Во всех случаях основание из мелкого щебня под покрытие тщательно уплотняется, а в пазухи рельсов заводятся блоки.

§ 18. УСТРОЙСТВО КОЛЕИ НА ПРЯМЫХ И КРИВЫХ УЧАСТКАХ СЛТ

При движении вагона или поезда по прямому участку пути направляющими являются рабочие канты обоих рельсов — Ар (рис. 49, а). Расстояние между этими кантами является шириной рельсовой колеи — Кр; оно измеряется в плоскости колеи, расположенной на 7—9 мм ниже верхней поверхности головки рельсов. Ширина рельсовой колеи в трамвайных путях в СССР, так же как в метрополитене и на железных дорогах, принята равной 1524 мм, а в большинстве европейских стран и в США — 1435 мм. Встречаются трамвайные пути и с другой шириной, например в Канре, Сен-Этьене, Эссене — 1000 мм, Лейпциге — 1458, Дрездене — 1450 мм.

Расстояние между рабочими гранями реборд колесных пар, измеренное в той же плоскости, является шириной колесной колеи — Кт. Для обеспечения нормального движения вагонов и исключения зажатия колесных пар в рельсовой колее разность между колесной и рельсовой колеей должна быть всегда положительной величиной. В трамваях СССР эта разность по номинальным размерам составляла 6 мм ($K_t = 1518 \pm_{1,5}^{0,5}$ мм), а на железных дорогах и в метрополитене она значительно больше (с учетом допусков до 47 мм). Большая разность в ширине колесной и рельсовой колеи приводила к «виляющему», беспокойному ходу подвижного состава. На отечественных железных дорогах и в метрополитене ширина рельсовой колеи на прямых участках в настоящее время уменьшена на 4 мм (на опытных участках — на 6 мм). Аналогичное сужение рельсовой колеи осуществляется и на ряде зарубежных железных дорог.

В Ленинграде на скоростной линии впервые в трамвайной практике на основе опыта исследований ЛНИИ АКХ построен и в течение ряда лет успешно эксплуатируется опытный участок с суженной рельсовой колеей.

С течением времени ширина рельсовой колеи увеличивается в зависимости от конструкции креплений, типов эксплуатируемых вагонов, скорости движения и др. На опытном участке темп увеличения ширины колеи в последние годы замедлился с 2,4 до 0,1 мм/год. Исследования, проведенные на участке,

показали, что движение поездов здесь более спокойно, динамика взаимодействия подвижного состава и пути снизилась. В результате рекомендовано в путях СЛТ применять суженную колею, что нашло отражение в утвержденных технических указаниях [33].

Ширина рельсовой колеи, применяемая на отечественных СЛТ, приведена в табл. 21.

Таблица 21

Ширина рельсовой колеи на СЛТ

Участки пути	Ширина колеи, мм	Допуски, мм	
		при строи- тельстве (укладке)	в эксплуата- ции
Прямые и кривые радиусом более 200 м	1521 1524 *	+3; —1 +3; —3	+6; —3 +6; —4
Кривые радиусом, м: 76—200 30—75	1524 1532	} +3; —3	+6; —4
Стрелочные переводы трамвайных типов (на прямых и кривых частях переводов) **	1524		
Прямолинейные и криволинейные пе- ресечения трамвайного типа		+2; —2	+4; —2

* Если конструкция рельсовых скреплений (или шпал) не позволяет прикрепить рельсы с колеей 1521 мм, то применяется колея 1524 мм.

** Ширина колеи в стрелочных переводах открытого типа (по типу железнодорожных) принимается в соответствии с проектом конструкции перевода.

Упомянутые технические указания применены при проектировании СЛТ в Ленинграде, Волгограде, Саратове, Перми, Уфе, Киеве.

На кривых участках движение вагонов, в зависимости от радиуса кривой, устройства ходовых частей и скорости, может направляться двумя, тремя или четырьмя рабочими кантами. Третий и четвертый рабочие канты образуются толстой губой желобчатых рельсов — Аг (рис. 49, а) или контррельсами. При вписывании вагонов в кривые, применяемые на СЛТ, необходимо несколько уширять рельсовую колею.

Переход от колеи 1521 мм к колее 1524 мм или 1532 мм производится плавно, с крутизной отвода не более 1 мм на 1 м пути.

При повышении скорости движения рельсового транспорта решающее значение имеют кривые участки пути. Скорость движения поездов по кривым лимитируется условиями безопасности против схода с рельсов и условиями комфортабельности проезда.

Для предотвращения толчков при входе вагона в кривую применяются переходные кривые, в пределах которых радиус

кривизны плавно меняется от бесконечности до радиуса круговой кривой; при этом также плавно возрастает центробежное ускорение. Для обеспечения равномерного давления колес подвижного состава на наружный и внутренний рельсы в кривых участках, а также для снижения влияния центробежного ускорения делается возвышение наружного рельса. Радиус кривой, скорость движения по ней и возвышение наружного рельса функционально связаны между собой. Согласно техническим указаниям [33] скорость движения вагонов и поездов на СЛТ в СССР не должна превышать значений, приведенных в табл. 22.

Таблица 22

**Наибольшая скорость движения трамвайных поездов
на кривых участках СЛТ**

Скорость, км/ч	На кривых радиусом не менее, м	Место нахождения
80	800	На перегонах
70	600	» »
60	400	» »
50	300	» »
40	200	» »
35	150	Вблизи остановочных пунктов
30	100	То же

При отсутствии переходной кривой или несоответствии ее параметров требуемым, а также при проезде по кривой со скоростью, отличающейся от той, на которую рассчитано возвышение наружного рельса, возникают направленные внутрь или наружу непогашенные ускорения, нарастающие к тому же с различной интенсивностью.

В железнодорожной практике допускается непогашенное поперечное ускорение $0,7 \text{ м/с}^2$ и нарастание его до $0,8 \text{ м/с}^3$. Полагая, что пассажир в трамвае едет в среднем 30 мин (а не много часов, как на железной дороге), здесь принято допускаемое непогашенное поперечное ускорение $0,8 \text{ м/с}^2$ и нарастание его до $0,6 \text{ м/с}^3$.

Рекомендуется принимать следующие минимальные радиусы кривых (в м) в плане, измеренные по оси пути, на перегонах:

при проектировании и строительстве новых СЛТ:	
на наземных и в тоннельных участках	500
в трудных условиях	300
при переустройстве существующих наземных линий:	
в скоростные	300
в трудных условиях	100

В отдельных случаях, даже на линиях праметрополитенов, на перегонах встречаются кривые малых радиусов (Брюссель — 35 м, Кельн — 45 м); здесь скорость движения скоростного

трамвая, а в будущем метрополитена или ГЖД существенно снижается.

В соответствии с техническими указаниями (ГТ-101) кривые малых радиусов (30—50 м) на СЛТ допускаются только на обратных петлях и в узлах, расположенных у остановочных пунктов, где скорость не превышает 10—20 км/ч.

Наибольшие продольные подъемы путей приняты на СЛТ в СССР: на наземных участках — 6%, в тоннелях — 4%. За рубежом в отдельных случаях также встречаются подъемы большой крутизны (например, в тоннеле Брюсселя 7%), что также влечет за собой снижение скорости сообщения.

Смежные элементы продольного профиля при алгебраической разности уклонов, равной или большей 2‰, сопрягаются вертикальной кривой радиусом от 3000 до 5000 м.

ГЛАВА V

УСЛОВИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ДВИЖЕНИЯ И КОМФОРТАБЕЛЬНОСТИ ПОЕЗДОК НА СЛТ

§ 19. БЕЗОПАСНОСТЬ ДВИЖЕНИЯ НА СЛТ

Безопасность эксплуатации скоростного трамвая зависит от совершенства всех элементов, в первую очередь подвижного состава и путевого хозяйства, надежности действия автоматических или механических систем поездной и линейной сигнализации и блокировки, соблюдения пассажирами и персоналом правил пользования и управления скоростным трамваем.

Для слаженной и взаимосвязанной работы всех служб скоростного трамвая существуют правила технической эксплуатации (ПТЭ). Ими определяется система организации движения поездов, содержание устройств и оборудования и порядок работы персонала. В них же зафиксированы размеры, нормы и качественные требования по содержанию всех элементов хозяйства.

Среди перечисленных вопросов безопасной эксплуатации скоростного трамвая важнейшим является обеспечение возможности при современном подвижном составе и современных путевых устройствах повышать скорость как на прямых, так и на кривых участках. Наблюдаемое повсеместно повышение мощности тяговых двигателей органически связано со значительным улучшением тормозного оборудования вагонов, обеспечивающего остановку поезда в служебных и экстренных режимах. Возможность применения рельсовых тормозов для замедления движения с интенсивностью до 3—4 м/с² является необходимым условием для повышения скорости и безопасности движения на СЛТ.

Однако до сих пор от внимания конструкторов — вагоностроителей и проектировщиков пути — часто ускользал вопрос о безопасности взаимодействия ходовых частей быстро движущегося вагона и пути, приобретающий большое значение в связи с расширением применения скоростного трамвая. Это усугубляется тем, что установившиеся скорости подвижного состава на длинных перегонах достигают 80—85 км/ч, а ходовые части вагона (колеса и реборды) практически остаются прежними; при этом на трассе скоростных линий трамвая в отдельных случаях встречаются кривые радиусом 100—200 м. При проходе по ним подвижного состава с высокой скоростью на этих кривых могут возникать непогашенные центробежные ускорения порядка 1 м/с^2 , направленные как наружу, так в отдельных случаях и вовнутрь.

Однако большую опасность в смысле схода вагона с рельсов представляют даже не кривые участки пути, как предполагалось раньше, а неровности, возникающие в пути и на колесах подвижного состава. В связи с этим определенный интерес представляет выяснение возможности сочетания случайных совпадений экстремальных, неблагоприятных значений вертикальной и горизонтальной сил, действующих от колеса на рельс.

Под руководством автора на скоростной Стрельнинской линии были проведены исследования, имевшие целью в конечном итоге установить условия безопасности скоростного движения современных вагонов. С помощью измерительной аппаратуры, размещенной на «среднем» по техническому и эксплуатационному состоянию вагоне ЛМ-57, произведены измерения колебательного движения рессорных комплектов, и по характеристикам подвески вагонов (массы, жесткости, коэффициента трения) составлена система дифференциальных уравнений, решение которой дало численные значения и время действия вертикальных сил на путь.

Для определения горизонтальных сил, действующих на рельс, измерялось рамное усилие, т. е. усилие, действующее вдоль оси колесной пары, которое пересчитывалось относительно обода колеса с учетом сил трения, возникающих между колесом и рельсом.

Одновременно с помощью кузовных (низкочастотных) и буксовых (высокочастотных) ускоренномеров исследовались ускорения, возникавшие в горизонтальной и вертикальной плоскостях (см. § 20).

Поездки осуществлены по участкам пути СЛТ, различным по техническому и эксплуатационному состоянию: по новым — с отклонениями в положении пути по уровню и профилю в пределах приемочных допусков; по находившимся в хорошем эксплуатационном состоянии — с отклонениями по колею, уровню и направлению в пределах норм ПТЭ; по находившимся в не-

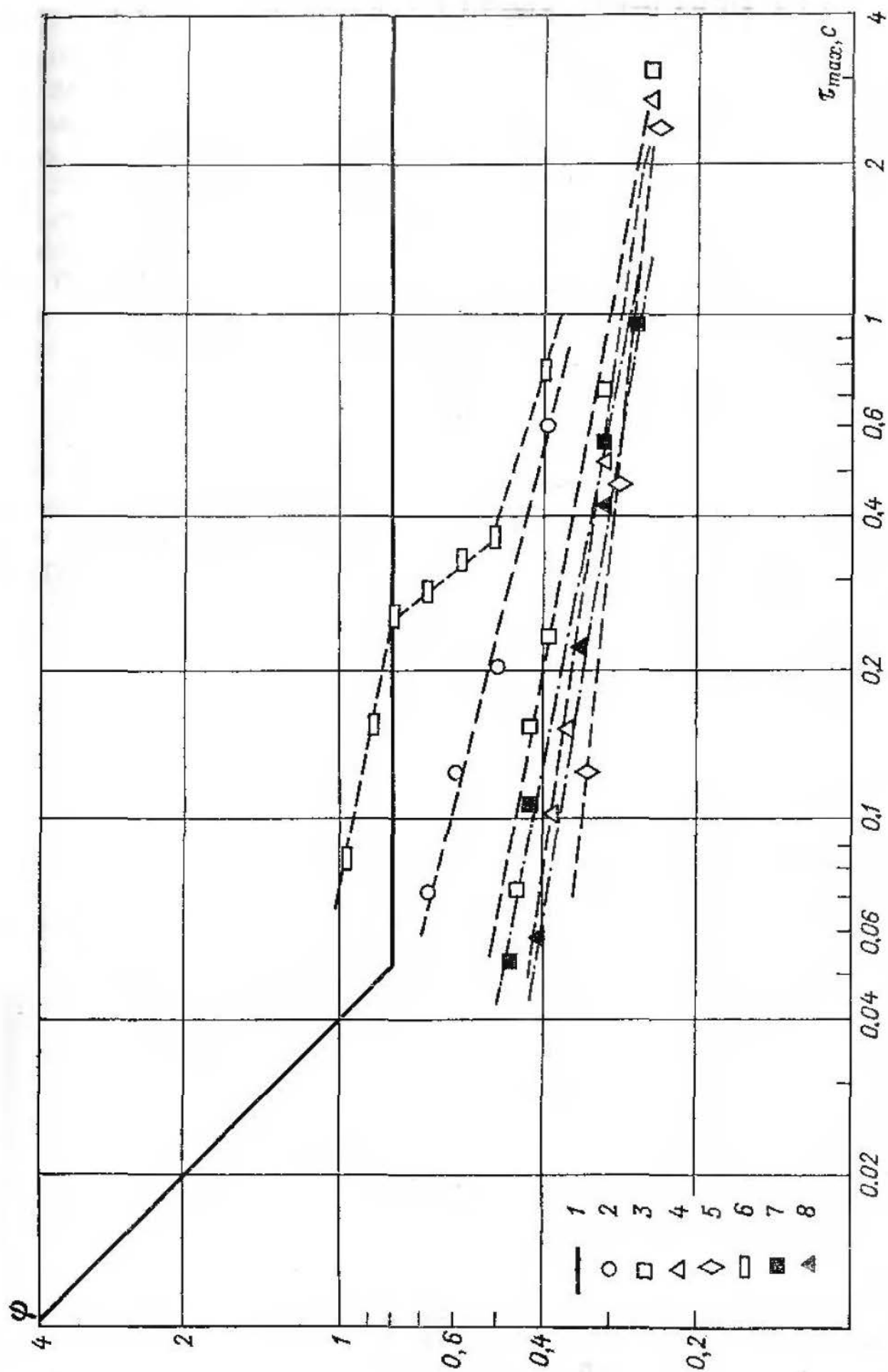


Рис. 53. Зависимость коэффициента безопасности ϕ от продолжительности действия горизонтальной силы при движении моторного вагона

1 — предельное значение ϕ ; 2 — при движении порожнего вагона на хорошем пути со скоростью 65 км/ч; 3 — то же, 55 км/ч; 4 — то же, 45 км/ч; 5 — то же, 35 км/ч; 6 — опасное движение порожнего вагона на плохом (ремонтруемом) пути; 7 — при движении груженого вагона на хорошем пути со скоростью 55 км/ч; 8 — то же, 45 км/ч

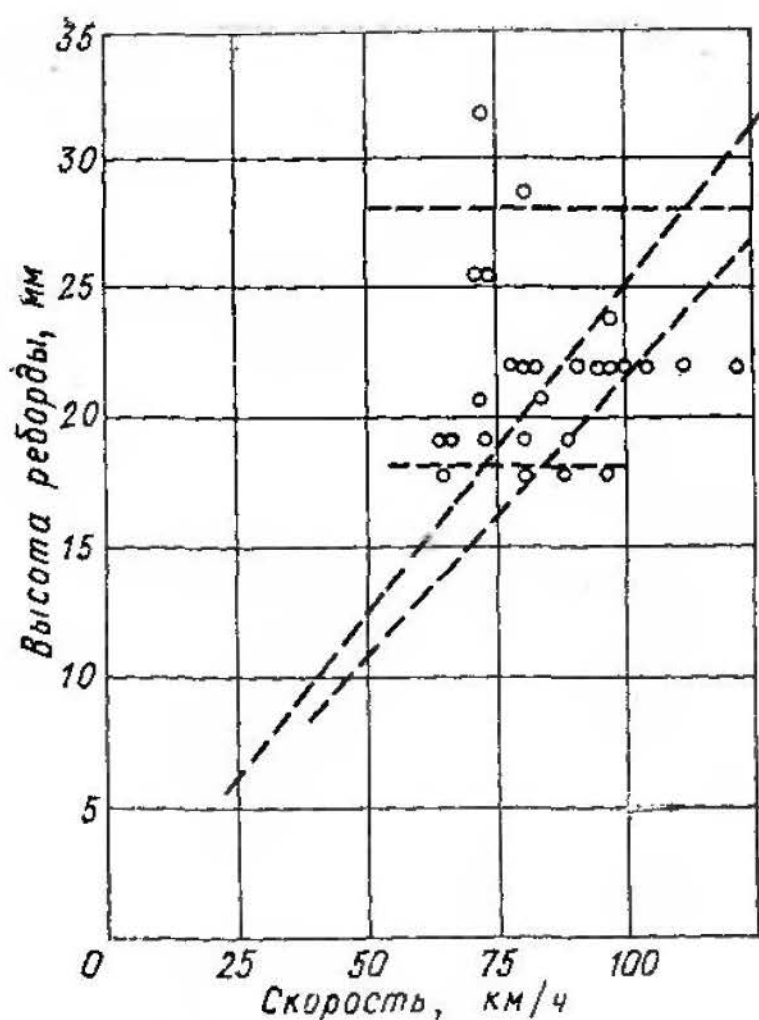


Рис. 54. Высота реборды колес вагонов зарубежных скоростных трамваев

удовлетворительном состоянии — с отклонениями сверх норм ПТЭ, подлежащих капитальному ремонту [28].

При движении порожнего вагона вертикальные динамические воздействия на путь оказывались выше, а при движении груженого вагона имели место значительно большие горизонтальные воздействия в кривых участках.

В итоге исследований определен «коэффициент безопасности» (функция ψ), представляющий собой отношение экстремальных значений наибольших горизонтальных и наименьших вертикальных сил, действующих на рельс.

Исследованиями проф. М. Ф. Вериго [22] установлено, что сход происходит, как правило, на длине 0,7—0,9 м, поэтому при скорости

трамвайного вагона 60—65 км/ч время действия опасных в отношении схода сил допускается не более 0,05 с.

Кривые, характеризующие связь между величиной функции ψ и временем ее действия для различных условий (скорость движения, состояние пути, порожний или груженный вагон), показывают, что коэффициент безопасности движения в большой мере зависит от состояния пути. С ростом скорости от 15 до 60 км/ч величина ψ возрастает примерно вдвое (рис. 53).

Исследованиями установлено, что современные трамвайные вагоны могут безопасно обращаться по скоростным линиям трамвая, пути которых построены строго по техническим указаниям [33], содержащим повышенные требования к качеству укладки пути (ужесточенные допуски на ширину колеи и положение пути в плане и в профиле), и которые содержатся с полным соблюдением соответствующих технических указаний [34].

Однако для повышения безопасности, учитывая возможные на практике отклонения в содержании пути даже на СЛТ, рекомендуется увеличить высоту реборды колеса с 18 до 22 мм. За рубежом колеса вагонов скоростного трамвая в большинстве случаев имеют реборды высотой 22—24 мм (рис. 54). Очертание рекомендуемого колеса с ребордой 22 мм приведено на чертеже (рис. 49, б).

§ 20. КОМФОРТАБЕЛЬНОСТЬ ПОЕЗДКИ И ЗАЩИТА ОТ ШУМА И ВИБРАЦИИ

Комфортабельность поездки оценивается комплексом показателей, зависящих от частоты и ускорения колебаний и толчков. Для определения показателя плавности в вертикальной или горизонтальной плоскости используют метод Шперлинга [29], согласно которому осциллографические записи ускорений кузова, подаваемых датчиками — низкочастотными ускорениемерами, обрабатываются статистическим способом, учитывающим каждую амплитуду колебаний, их частоту и характер при движении с различной скоростью порожнего и груженого вагона.

ВНИИВ принял шкалу оценки плавности хода вагона на железной дороге, согласно которой при показателе плавности до 3,25 ход вагона оценивается как удовлетворительный, а более 5 — как опасный.

При исследованиях плавности движения вагона ЛМ-57 основные частоты располагались в диапазонах 0,5—1,5 Гц, 2—6 Гц, 10—40 Гц. Амплитуды ускорений находились в пределах 50—500 см/с².

Вычисленные значения показателя плавности хода вагона ЛМ-57 представлены в табл. 23.

Таблица 23

Показатели плавности хода трамвайного вагона

Участок пути	Состояние пути	Нагрузка вагона и скорость, км/ч					
		порожнего		груженого			
		20	65	20	30	50	65
Прямой	Хорошее		4,6		4,1	3,1	3,5
Прямой	Плохое		5,2				4,55
Кривая $R < 75$ м	Удовлетворительное	3,8		2,85			

Из таблицы видно, что величина показателя плавности хода связана с качеством пути и массой вагона (и наполнением его пассажирами). Значения показателя плавности для трамвайных вагонов оказались в общем выше, чем для железнодорожных вагонов. Менее спокойный ход трамвайных вагонов, чем железнодорожных, допускается, поскольку пассажир трамвая находится в вагоне 15—30 мин, а не много часов (напомним, что плавность тем выше и лучше, чем ниже численное значение показателя плавности).

В связи с общим повышением шума в больших городах от движения транспорта в СССР и в ряде других стран принимаются меры по его снижению. Обычно мерам по снижению шума или локализации его действия предшествует исследование

шумовых режимов городских магистралей, учитывающее интенсивность и состав транспортного потока, его скорость, вид и состояние дорожного покрытия, конструкцию и состояние пути рельсового транспорта. Большой шум возникает при движении автомобилей, автобусов, троллейбусов и устаревшего подвижного состава трамвая, а также поездов железных дорог и метрополитена при наземной прокладке путей.

Особенно большим источником шума являются поезда железных дорог, метрополитена и скоростного трамвая, движущиеся на эстакадах.

Поезда метрополитена и железных дорог при движении в тоннелях создают шум и вызывают вибрации конструкции тоннеля. При мелком заложении тоннелей вибрация воспринимается зданиями, расположенными в непосредственной близости от трассы тоннелей. Шум и вибрация тоннелей сильно зависят от жесткости путевой конструкции и отделки.

Снижения шума достигают двумя способами: к первому относятся мероприятия по улучшению подвижного состава, а ко второму — планировочные и конструктивные решения, направленные на усовершенствование устройств проезжей части, полотна трамвая и сооружение шумовых барьеров.

Современные трамвайные вагоны с зубчатыми передачами Новикова и подрезиненными колесами создают значительно меньший шум при движении по бесстыковому («бархатному») пути, построенному с применением упругих прокладок.

При трассировании наземных СЛТ в жилых районах принимаются дополнительные меры по снижению шума: утолщение слоя щебеночного основания и устройство звукоизолирующих барьеров вдоль полотна (рис. 55). Заглубление полотна в выемки рекомендуется применять только в тех районах, где отсутствует опасность снежных заносов. Растительность эффективна при ширине полосы для деревьев 15—20 м. В отдельных случаях сооружаются шумозащитные заборы (экраны) высотой до 10 м с выпуклостью, направленной в сторону источника шума.

В свете современных воззрений следует неуклонно повышать требования в отношении допустимых значений уровня шума для СЛТ. Внутри вагонов скоростного трамвая уровень шума при движении на установившейся скорости на наземном, открытом участке не должен превышать 70 дБ, в тоннелях 80 дБ, а при остановках, но с работающим оборудованием — 65 дБ. Уровень шума, замеренный на расстоянии 15 м от стоящего вагона с работающим оборудованием, не должен превышать 60 дБ, а от вагона, движущегося с максимальной скоростью, — 85 дБ; на платформах подземных станций при подходе и отходе — 80 дБ, а при стоянке — 70 дБ.

Вибрация, передаваемая от мелкозаложенных тоннелей через грунт и фундамент на несущие конструкции зданий, обычно

мало ощущается жителями. Результаты исследований показали, что возникающие вибрации обычно неопасны, но могут вызвать локальные усталостные трещины в местах соединения стен и потолочных перекрытий зданий. В тех случаях, когда вибрация или шум превышают установленные нормы, надлежит принимать соответствующие защитные меры.

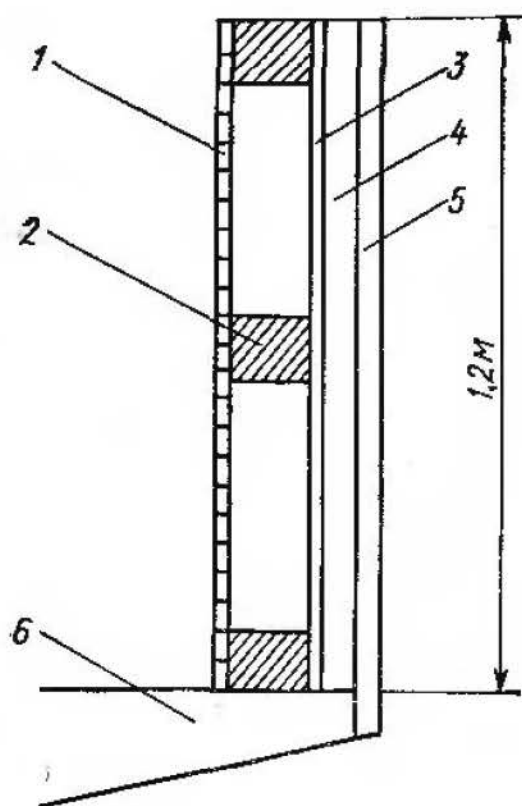


Рис. 55. Шумозащитный барьер на эстакаде

1 — сетка с ячейками 6 мм; 2 — брусок деревянной рамы 50×100 мм; 3 — фанера толщиной 14 мм; 4 — прослойка из синтетического материала; 5 — фанера толщиной 12,7 мм; 6 — конструкция эстакады

При проектировании новых линий метрополитена в СССР СНиП II-40—76 предусмотрено применение мероприятий, обеспечивающих на территории жилой застройки определенные нормы шума и вибрации от движения поездов метрополитена. Для Москвы такие нормы установлены ВСН 1—73, согласно которым при расположении жилых и культурно-бытовых зданий на расстоянии менее 40 м от стен тоннеля необходимо предусматривать виброзащиту.

Очевидно этими же правилами и нормами следует руководствоваться и при проектировании тоннелей для скоростного трамвая. Известны разные способы борьбы с вибрацией зданий, в том числе виброгасители одномассовой колебательной системы с демпфером («Транспортное строительство», 1974, № 9), однако эти способы являются дорогостоящими и пока полностью не достигают цели, поэтому уже при проектировании СЛТ для подземных участков целесообразно тщательно изучать и выбирать трассу.

ГЛАВА VI

ОСТАНОВОЧНЫЕ ПУНКТЫ НАЗЕМНЫХ СЛТ

§ 21. ТИПЫ ОСТАНОВОЧНЫХ ПУНКТОВ И СТАНЦИЙ И ИХ РАЗМЕЩЕНИЕ

Остановочные пункты на СЛТ, служащие, как и на обычных линиях, для пассажирообмена, делятся на промежуточные и конечные. Крупные наземные остановочные пункты, оборудо-

важные, как правило, платформами и во всех случаях подземные, принято называть станциями. Весьма часто станции являются пересадочными на другие виды транспорта.

При наличии на СЛТ узлов (односторонних ответвлений или треугольников) остановочные пункты располагаются вблизи последних (и называются узловыми), поэтому скорость движения по стрелочным переводам небольшая. По указанной причине проектирование специальных стрелочных переводов для СЛТ, пригодных для движения с большой скоростью по ответвлению, не актуально. Более сложные, чем треугольные, узлы, а также глухие пересечения в одном уровне на СЛТ не устраиваются.

Расстояния между остановочными пунктами определяются в зависимости от района города, через который проходит линия тяготения к ней пассажиров, и предполагаемой загрузки остановочных пунктов.

Остановочные пункты СЛТ размещаются вблизи крупных пассажирообразующих и пассажиропоглощающих объектов и транспортных узлов. К таким объектам относятся проходные крупных промышленных предприятий, учреждений и вузов, торговые центры (универмаги), вокзалы и станции железных дорог, метрополитенов, междугородных автобусов, входы в парки отдыха и на стадионы, наконец большие площади с пересечением ряда маршрутов наземного транспорта.

Вблизи остановочных пунктов на СЛТ часто устраиваются площадки для стоянки автомобилей. При применении системы «Park and Ride» площадь для стоянки автомобилей подлежит предварительному расчету, в основу которого кладется степень автомобилизации жителей города и их тяготение к рассматриваемой станции.

В пригородах и жилых районах остановочные пункты скоростного трамвая (при отсутствии перечисленных объектов) размещаются в центрах поселков или микрорайонов.

Остановочные пункты в зависимости от назначения, требуемой пропускной способности и местоположения сооружаются и оборудуются различно — от простейших рефюжей (низких платформ или мест, обозначенных каким-либо способом) до сложных станций.

Станция СЛТ, независимо от величины, должна иметь:

платформы для удобного и безопасного входа и выхода пассажиров из подвижного состава;

кассы или автоматы для продажи билетов и размена денег, контрольные пункты или турникеты для проверки билетов при входе;

указатели для информации пассажиров о трассе скоростной линии, расписание движения и периодически включаемые табло или громкоговорители для оповещения пассажиров о приближении поезда и направлении его следования;

диваны для кратковременного отдыха в ожидании поезда и навесы, предохраняющие от непогоды;

в необходимых случаях лестницы и переходы, удобные для подхода пассажиров с тротуаров или платформ смежных видов транспорта.

Основным принципом при проектировании СЛТ является обеспечение пассажирам безопасного подхода и удобств при посадке и пересадке, а также сокращение длинных, утомительных переходов и подъемов по лестницам. Подход пешеходов от остановок автобусов к станциям СЛТ должен быть отделен от общегородского движения. Входы на станции или платформы должны быть ясно обозначены.

Пешеходные переходы через пути СЛТ, как правило, не допускаются; в исключительных случаях они располагаются в пределах остановочного пункта перед началом платформ; платформы встречных направлений при этом раздвигаются. Пассажиры, переходящие через пути, в этих случаях должны оповещаться о движении встречных поездов с помощью сигнальных устройств (как это сделано на четырехпутной станции «Пл. Конституции» в Брюсселе). Посадочные платформы должны быть ограждены со стороны безрельсового транспорта.

Платформы промежуточных остановочных пунктов удобно располагать в пределах разделительных полос в той части, которая отводится под кустарник. Здесь же устраиваются выходы из подземного пешеходного перехода.

Длина платформы определяется длиной расчетного, обычно трех- или четырехвагонного поезда, и часто принимается равной 60 м. Наземные остановочные пункты размещаются на прямых или кривых участках радиусом не менее 600 м, на горизонтальной площадке или на уклонах до 3‰.

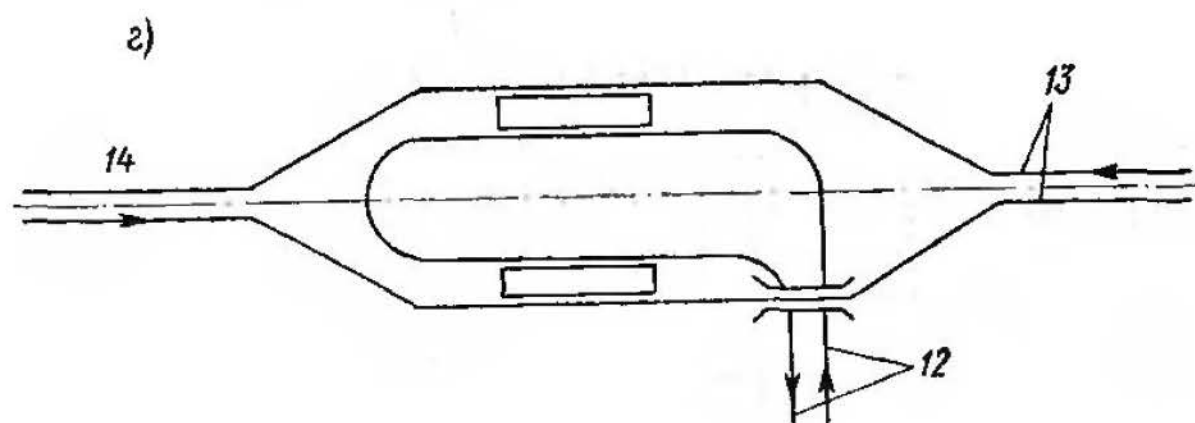
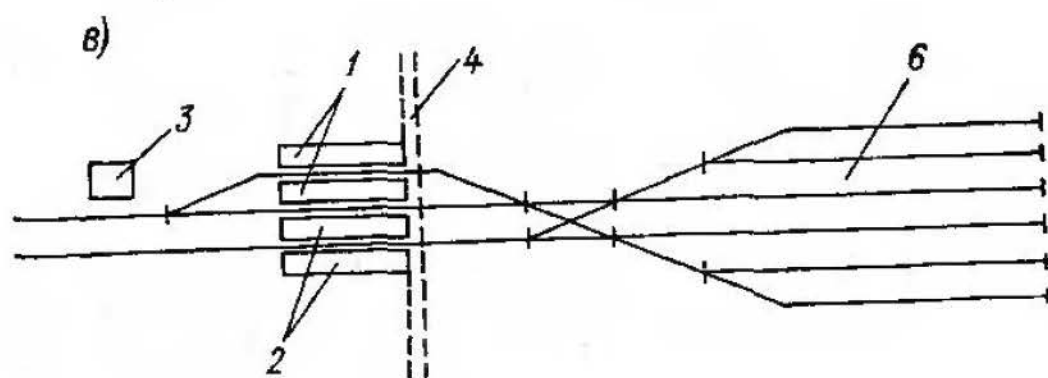
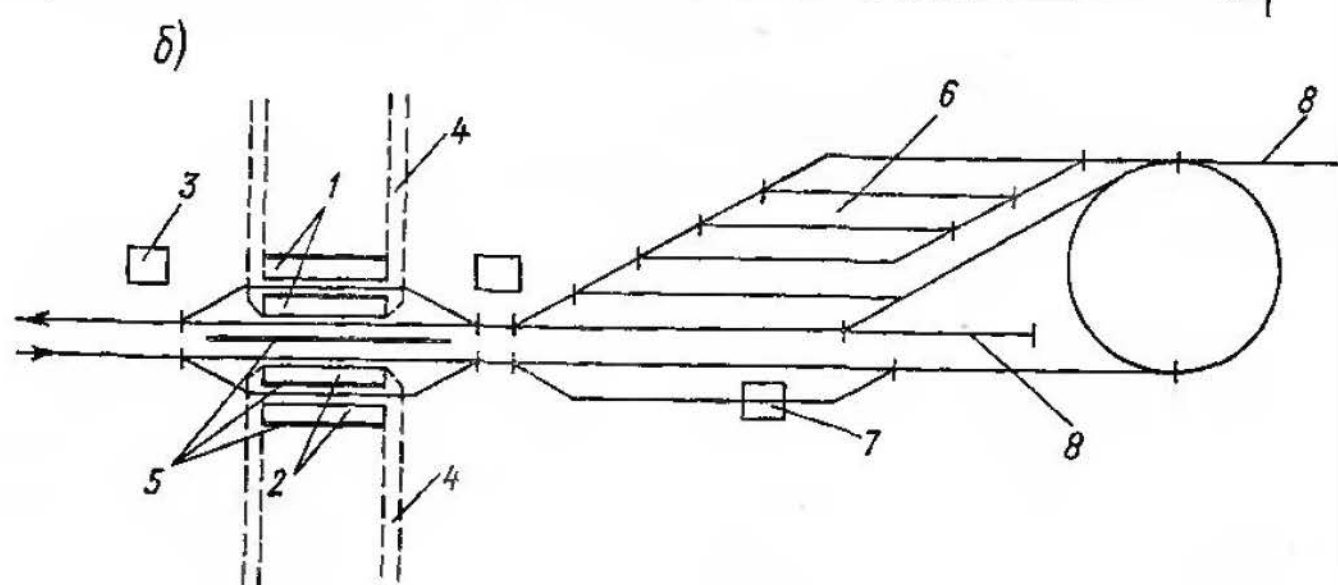
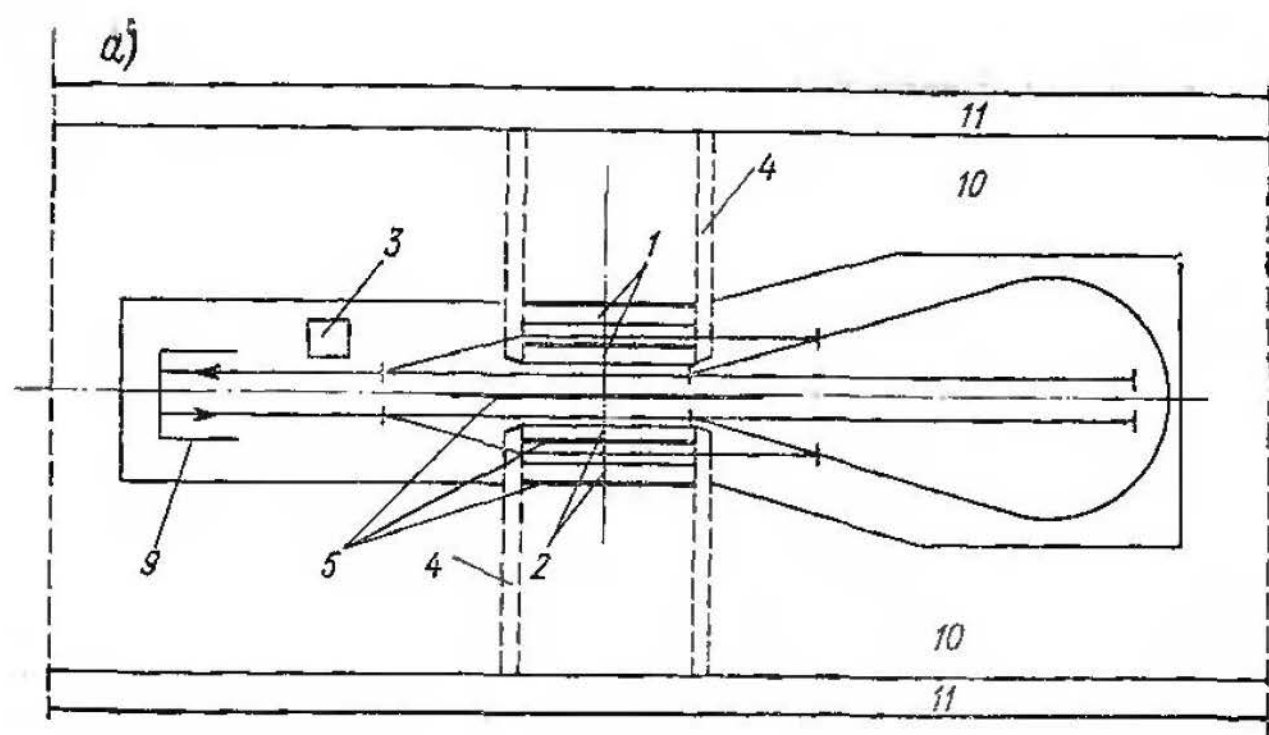
На выпуклых кривых меньшего радиуса ухудшаются условия обзора состава водителем; кроме того, на кривых меньших радиусов образуются зазоры между краем платформы и ступенькой вагона.

На СЛТ не практикуется устраивать остановочные пункты временные и по требованию. Технические остановки также отсутствуют, так как на СЛТ не предусмотрены затяжные и крутые уклоны.

§ 22. КОНЕЧНЫЕ ПУНКТЫ СЛТ

Конечные остановочные пункты СЛТ служат не только для входа и выхода пассажиров, но также и для маневрирования поездов и подготовки их к обратным рейсам. Весьма часто конечные пункты СЛТ являются крупными транспортными узлами, пересадочными на другие виды транспорта.

Конечные пункты СЛТ в пригороде, как правило, являются пересадочными на автобусы, такси и легковые машины. Конеч-



ные пункты часто располагаются у станций метрополитена или СПГЖД; в этих случаях СЛТ являются подвозящим видом транспорта.

По соседству с конечными пунктами СЛТ для пересадки на автотранспорт часто устраиваются небольшие автобусные вокзалы и площадки для стоянки автомашин. Все требования, предъявляемые к промежуточным станциям, распространяются и на конечные пункты.

Крупные конечные пункты представляют значительные по территории транспортные узлы; их расположение и планировка не должны влиять на функциональные характеристики прилегающих городских территорий. Необходимо, чтобы планировка современного крупного транспортного центра обеспечивала удобный проход к платформам СЛТ, СПГЖД и метрополитена, выезд на автомагистрали и улицы местного значения, выход на автобусные станции и стоянки автомашин. В крупном транспортном узле организуются торговые точки, службы быта и размещается администрация. Большая роль отводится системам информации. Часто крупные транспортные узлы не ограничиваются расположением в одном уровне и занимают подземные пространства.

Путевое развитие конечных пунктов СЛТ в значительной мере зависит от пассажирообмена и частоты движения поездов скоростного трамвая.

Оборотные устройства для подготовки поездов к движению в обратном направлении имеют для этого необходимое путевое развитие в виде петли, кольца, съездов и путей или тупиков для отстоя. Петли применяются при односторонних вагонах; они удобны в эксплуатации, но занимают много места (рис. 56, а, б). Съезды применяются при двусторонних вагонах, требуют мало места, но несколько осложняют работу поездных бригад (рис. 56, в).

Путевое развитие конечных пунктов и станций, как правило, дает возможность отстоя поездов между часами «пик». На концах линий, заканчивающихся в пригородах, укладываются пути для отстоя поездов в ночное время. Благодаря этому снижаются так называемые нулевые пробеги.

На путях конечных пунктов устраивается канава для непредвиденного осмотра и устранения мелких неисправностей ходовых частей подвижного состава.

Рис. 56. Схемы путевого развития конечных пунктов СЛТ

а — оборотная петля праметрополитена, расположенная на улице, в стесненных условиях; б — оборотная петля СЛТ, имеющая пути для отстоя поездов; в — тупиковый конечный пункт СЛТ с путями для отстоя; г — совмещенная станция для пересадки с СЛТ на линию метрополитена и СПГЖД; 1 — посадочные платформы; 2 — платформы для выхода; 3 — диспетчер; 4 — пешеходные переходы к платформам; 5 — ограждения; 6 — пути для отстоя поездов; 7 — место осмотра вагонов; 8 — тупики для служебных вагонов; 9 — рампа; 10 — проезжая часть улицы; 11 — тротуары; 12 — СЛТ; 13 — наземная линия метрополитена и СПГЖД; 14 — направление к центру города

Конечные пункты на скоростных линиях, так же как и на обычных, кроме перечисленного выше оборудования для пассажиров, имеют также служебные помещения для диспетчера и межрейсового отдыха поездных бригад, буфет, уборные и небольшие кладовые.

Высокая стоимость строительства подземных оборотных петель на линиях праметрополитенов в центральных районах города и часто временный характер конечного пункта вынуждают устраивать петли на поверхности земли. Так, оборотные петли в Волгограде у р. Царица и Брюсселе у Сан-Катерин (рис. 56, а) выведены на улицы. В стесненных условиях на улице у Сан-Катерин пути для отстоя вагонов отсутствуют.

Значительно более полно отвечает поставленным задачам схема с парком путей для отстоя, путями для осмотра и т. п. (рис. 56, б). Петля у пл. Дзержинского в Волгограде построена почти по такой схеме.

Конечный пункт СЛТ, совмещенный с наземной станцией метрополитена или СПГЖД, целесообразно располагать таким образом, чтобы пассажирам при пересадке (рис. 56, в), оставалось только перейти платформу.

ГЛАВА VII

ТОННЕЛИ И ПОДЗЕМНЫЕ СТАНЦИИ СКОРОСТНОГО ТРАМВАЯ

§ 23. ТОННЕЛИ НА СЛТ

Поскольку стоимость и продолжительность сооружения подземных участков СЛТ в несколько раз больше, чем на поверхности земли, тоннелей стараются избегать, ограничиваясь устройством развязок при пересечении крупных автомобильных магистралей, главных улиц и транспортных узлов. Сооружаемые при этом путепроводы и тоннели имеют ограниченную длину. Такие решения легко реализовывать в новых и периферийных районах, но не в центральных, старой застройки.

Если необходимо проложить линию скоростного трамвая в центральной части города со старой застройкой, то без сооружения тоннеля обойтись трудно. В таких случаях в перспективе предвидится использование тоннеля для метрополитена, а сооружаемый подземный участок часто образует систему праметрополитена.

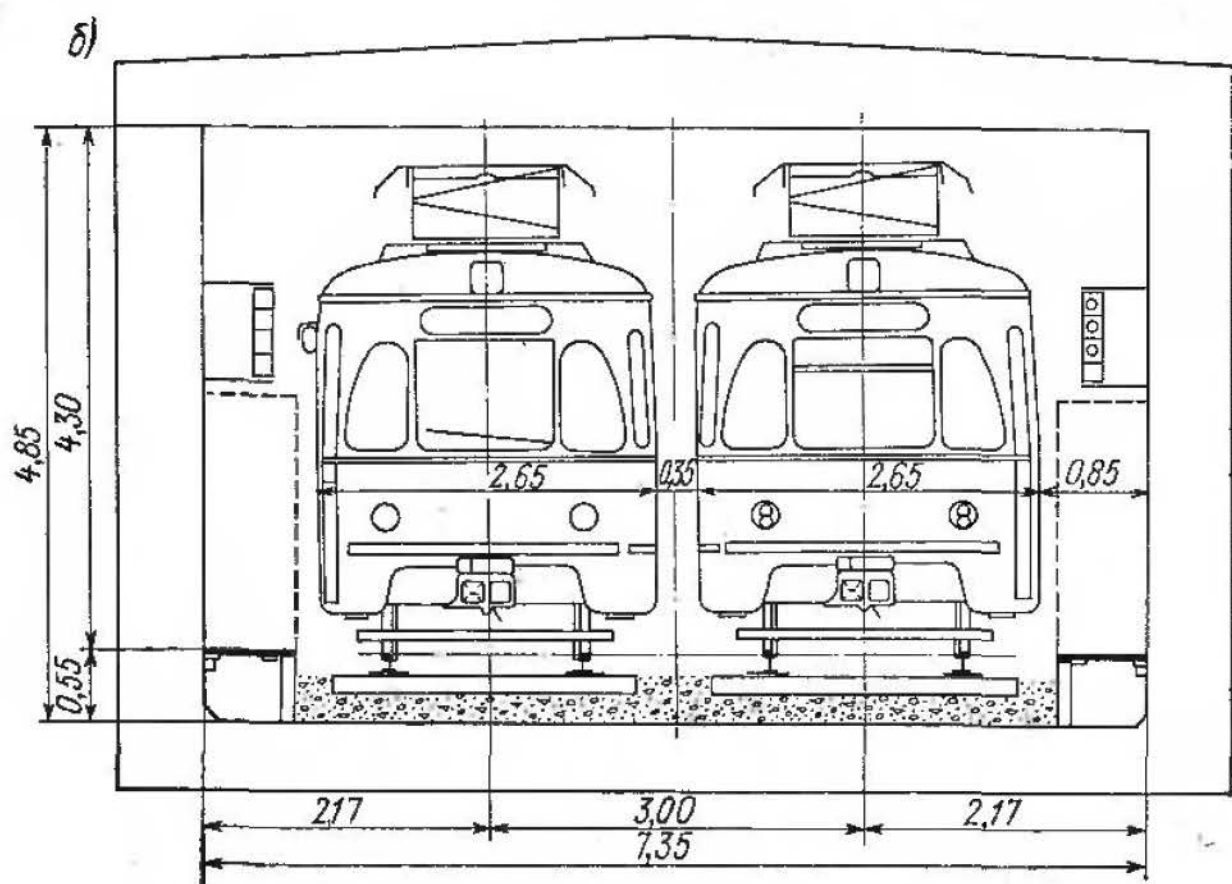
Вместо тоннелей иногда прибегают к строительству эстакад. Однако движение поездов по эстакадам создает большой шум; сами эстакады затрудняют уличное движение, поэтому иногда

а — однопутный тоннель круглого сечения, сооружаемый закрытым способом; *1* — габарит подвижного состава трамвая; *2* — габарит приближения оборудования метрополитена; *б* — двухпутный тоннель прямоугольного сечения (Кёльн)

a)

Доб. нумер

Technical drawing of a circular mechanical part with a central rectangular hole. The drawing includes dimensions for the outer diameter (490), inner hole (166), and various offsets and tolerances. A label 'a)' is in the top left, and 'Доб. нумер' is written vertically inside the hole.



Прогресс тоннелепроходческой техники, широко применяемой при строительстве гидротехнических, канализационных тоннелей, тоннелей метрополитена и коммунальных коллекторов, отразится в ближайшем будущем на развитии тоннелестроения для СЛТ и премоетрополитена, причем протяжение подземных участков в будущем увеличится. Значительно возрастет также строительство пешеходных переходов, подземных торговых центров, гаражей, складов и тому подобных объектов.

Уже в настоящее время широкое использование машин при проходке тоннелей, уборке породы и устройстве обделки и уменьшение при этом потребности в рабочей силе дают суще-

ственное снижение стоимости тоннелей, повышают темп строительства.

Перегонные и станционные тоннели скоростного трамвая, метрополитена и подземных железнодорожных диаметров сооружаются на различной глубине. Тоннели глубокого заложения в городе имеют, как правило, круглое сечение и обделку из тюбингов, тоннели мелкого заложения — прямоугольное сечение и обделку в большинстве случаев из железобетона. Сечение тоннеля зависит не только от горного давления, но и от способа производства работ.

Тоннели круглого сечения сооружаются однопутными, а прямоугольного — одно- и двухпутными (рис. 57). В тоннель круглого сечения, сооружаемый по габариту метрополитенов СССР с внутренним диаметром 4,9 м, вписываются габариты отечественного трамвайного вагона с пониженным на 0,1 м уровнем головки рельса и компактной подвеской контактного провода, разработанной Московским институтом инженеров железнодорожного транспорта (МИИТ).

С точки зрения пассажиров, станции мелкого заложения имеют несомненные преимущества, так как затраты времени на проход от входа в вестибюль (или на лестницу с тротуара) до посадочной платформы значительно меньше, чем на станциях глубокого заложения.

Стоимость сооружения станций мелкого заложения обычно намного меньше, чем глубокого заложения, хотя иногда до 25% стоимости строительства приходится на переустройство подземных сетей.

Более 90% протяжения тоннелей скоростного трамвая приходится на тоннели мелкого заложения. Как правило, тоннели заглубляются только при прокладке под водными преградами, под многоэтажными зданиями или под уже существующими крупными городскими подземными коллекторами или сооружениями.

Направление тоннелей мелкого заложения под улицами вызывает трудности на кривых участках: вместо предписанных радиусов 500 м (в трудных условиях 300 м) [33] в зарубежной практике часто встречаются кривые радиусов даже меньше 100 м (Кельн — 60 м, Брюссель — 35 м). В таких случаях при переустройстве линии СЛТ в метрополитен тоннели необходимо будет реконструировать. Продольные уклоны в тоннелях скоростных трамваев в СССР предписаны такие же, как в метрополитене, — не более 4%. Во многих метрополитенах и тоннелях трамваев встречаются более крутые подъемы (Осло — 5,5%, Глазго — 6,2%, Брюссель — 9,2%).

Строительство тоннелей ведется как закрытым, так и открытым способом. Выбор способа прокладки тоннеля и глубины его заложения определяется, как правило, технико-экономическим сравнением вариантов, в которых учитываются объемы работ по

переустройству улиц, перекладке коммуникаций, геологические и гидрологические условия и оценивается возможность временного прекращения движения на улицах.

При закрытом способе проходки в городских условиях часто облегчается трассирование, уменьшается протяженность подземных участков, при этом легко увеличиваются радиусы кривых и уположивается продольный профиль.

Прокладка тоннелей глубокого заложения в рыхлых и твердых породах осуществляется щитовым способом, а в скальных породах — буровзрывным.

Механизированные щиты отечественного производства хорошо себя зарекомендовали, поэтому они получили широкое применение при строительстве метрополитенов не только в СССР, но и за рубежом. По мере продвижения щита тоннель обделывается чугуиными или бетоиными тубингами.

Все большее распространение приобретают обделки из монолитного прессованного бетона и набрызг-бетона. В отдельных случаях используется способ продавливания тоннельных секций.

Открытый способ проходки при условии крепления стей котлована используется при глубинах до 20 м. Глубина заложения тоннеля в простейших случаях определяется габаритной высотой подвижного состава с токоприемником, конструкцией пути и подвески рабочего провода, толщиной перекрытия, часто высотой пешеходного перехода, габаритным размером инженерных сетей и перекрытия с дорожной одеждой.

Открытый способ с полным раскрытием котлована и откосами под естественным углом в плотно застроенных центральных районах не применяется. В этих случаях используется открытый способ с различными модификациями, при котором меньше нарушается проезжая часть улицы и по возможности сохраняется уличное движение. При строительстве тоннелей мелкого заложения также используется поточная технология работ. Вначале выполняются подготовительные работы, включающие усиление и виброизоляцию фундаментов зданий, перекладку или подвеску подземных коммуникаций, искусственное водопонжение или замораживание неустойчивых водонасыщенных пород. Затем выполняются основные работы: устройство котлована и обделки, сборка внутренних конструкций, гидроизоляция, засыпка пазух грунтом, его уплотнение и восстановление дорожной одежды. В котлованах с вертикальными стенками последние укрепляются стальным шпунтом, буровыми сваями, дерево-металлической крепью. В некоторых случаях элементы крепления (например, буровые сваи, шлицевые стейки) удается использовать в качестве частей самой обделки тоннеля, являющейся несущей конструкцией.

Обделка тоннеля при описанных способах выполняется из сборного или монолитного железобетона, при этом используется

передвижная опалубка. Обделка имеет прямоугольную форму (рис. 57, б), иногда со средней опорой. При ширине вагона 2,6—2,9 м ширина тоннеля делается равной 7,1—7,6 м. Высота тоннеля в свету составляет обычно 4,2—4,9 м, из них на путевую конструкцию приходится 0,55 м.

Изоляция обделки тоннеля делается из четырех-пяти слоев покрытия с битумом и служит также для защиты от блуждающих токов.

В ряде случаев обделку сооружают из водонепроницаемого бетона, что позволяет обойтись без гидроизоляции, а следовательно, сократить на 20% время и стоимость производства работ. Вообще же на разработку котлована приходится 50—60% трудовых затрат, на бетонные работы — 25—30% и на изоляционные — 15—20%. Применение сборного железобетона снижает трудовые затраты на 5—7% по сравнению с монолитной обделкой.

В последние годы все большее применение в подземном строительстве находит способ «стена в грунте», успешно используемый в СССР при сооружении подземных гаражей, насосных станций и т. п. По этому способу сначала отрываются узкие траншеи, в них возводятся стены, на которых затем сооружается верхнее перекрытие, а под перекрытием ведется дальнейшая разработка котлована между возведенными стенами. При отрыве траншей для предотвращения разрушения их стенок используется бентонитовая суспензия — специальный глинистый раствор, подаваемый в траншею и заполняющий ее по мере разработки. Эта суспензия, достаточно плотная и тиксотропная, гидростатическим давлением уравнивает давление грунта и напор грунтовых вод, тем самым предохраняет траншею от осыпания и обвалов. Разрабатываемый грунт, смешанный с бентонитовой суспензией, эрлифтом подается на поверхность и после отделения от нее центробежным насосом отвозится в отвал, суспензия же после механической очистки виброспособом и, в необходимых случаях, после химической активации вновь направляется в траншею.

На стенках траншей происходит кальматация грунта и образуется водонепроницаемый слой, необходимый для сооружаемого тоннеля. Бетонная масса по мере заполнения траншеи вытесняет бентонитовую суспензию и заполняет подготовленный для нее объем.

Применение способа «стена в грунте» при строительстве тоннелей для скоростного трамвая и метрополитена позволяет выполнять работы с минимальным нарушением движения наземного транспорта, значительно быстрее и дешевле, чем при прежних способах.

Способ «стена в грунте» (иногда называемый «стена и перекрытие») применен при строительстве тоннелей для трамвая

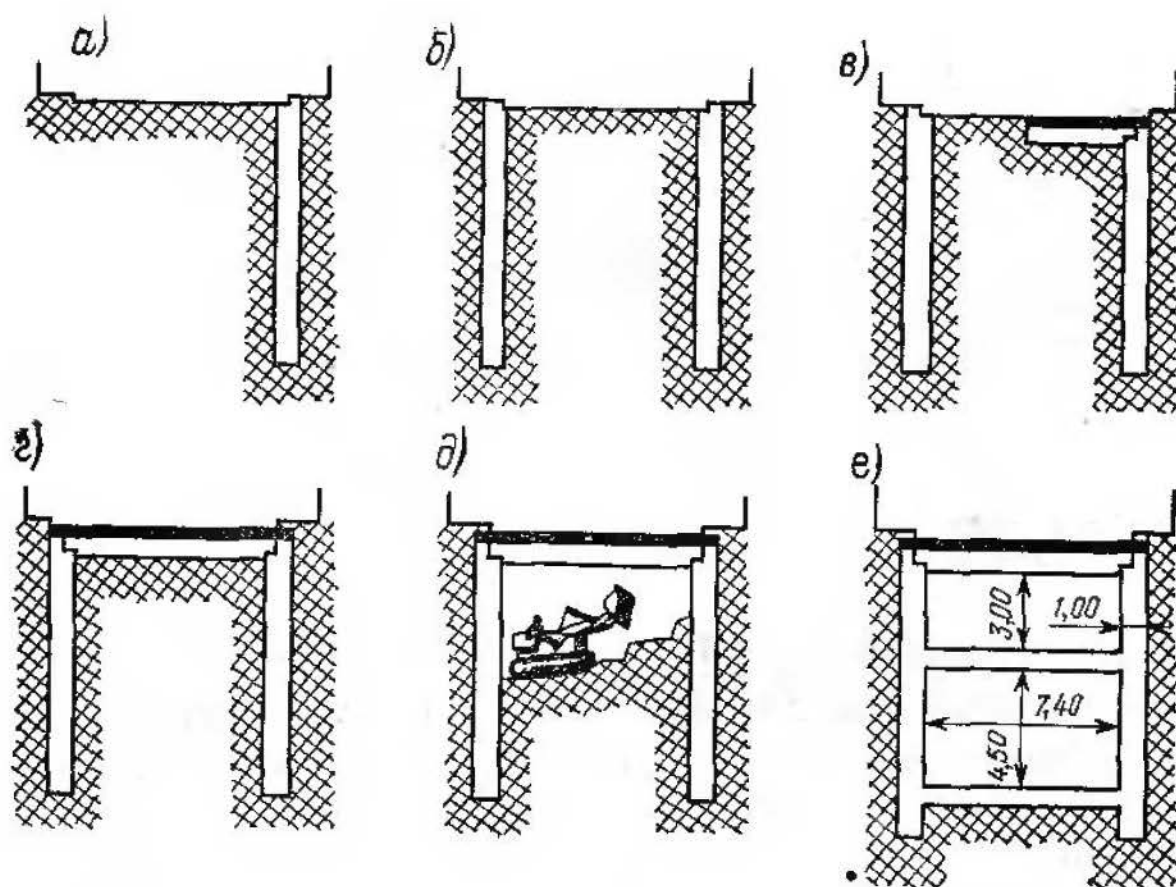


Рис. 58. Строительство тоннелей для скоростного трамвая (преметрополитена) в Брюсселе

а — построена первая стена в грунте; *б* — построены обе стены тоннеля (при этом сохраняется проезд наземного транспорта в обоих направлениях); *в* — частичное сооружение верхнего перекрытия (проезд наземного транспорта осуществляется только в одном направлении); *г* — завершение сооружения верхнего перекрытия (движение наземного транспорта открыто в обоих направлениях); *д* — подземная механизированная проходка тоннеля; *е* — завершение сооружения тоннелей

в Милане, преметрополитена в Брюсселе, метрополитена в Токио и др. Наличие некоторых отличительных особенностей строительства в отдельных городах объясняет появление в литературе описаний «брюссельского», «токийского», «миланского» и других способов, хотя принципиальная основа у них одна.

В Брюсселе без перерыва уличного движения были отрыты две узкие траншеи с временной крепью (рис. 58, 1, 2) и в них сооружены стенки, представляющие обделку сооружаемого тоннеля. Затем была разработана верхняя часть котлована и построено верхнее перекрытие, на котором расположили дорожное покрытие (рис. 58, 3, 4). Разработка ядра тоннеля и сооружение промежуточных перекрытий и нижней плиты производились закрытым способом под защитой готовой части обделки тоннеля (рис. 58, 5, 6).

Способ, примененный в Токио, отличается от описанного использованием готовых металлических плит, опираемых на стенки тоннеля. Плиты служат одновременно перекрытием и

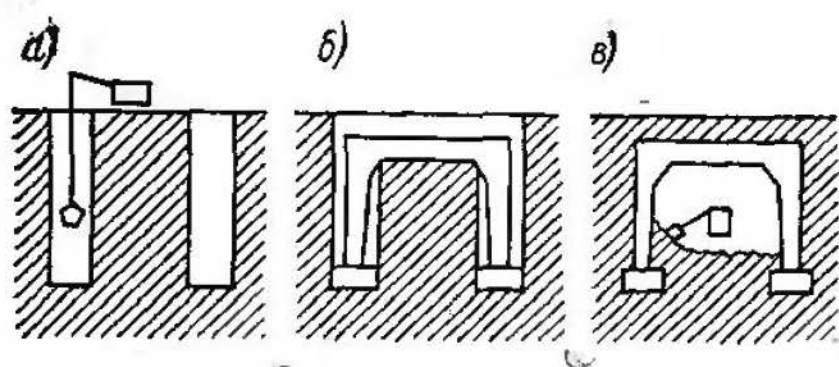


Рис. 59. Строительство тоннелей для скоростного трамвая в Милане

а — разработка траншей; б — сооружение обделки рамной конструкции; в — механизированная выемка грунта

дорожным покрытием. «Милаиский» способ является также разновидностью описанного, его суть ясна из схемы рис. 59.

Способ опускания тоннельных секций — кессонов — применяется в редких случаях при строительстве метрополитена; в практике строительства тоннелей для скоростного трамвая он еще не применялся.

В последние годы для преодоления водных преград практикуется сооружение тоннелей из затопляемых секций. Тоннельные секции достигают внушительных размеров: по длине 100 м, по ширине 40 м при массе до 50 тыс. т. При пологих берегах, с учетом протяженности подходов участков, длина такого тоннеля бывает значительно меньше длины моста. Это обстоятельство, наряду с большой стоимостью отчуждения земли и текущего содержания мостовых сооружений, потерями времени и т. п., часто делает строительство тоннеля более приемлемым, чем моста. Подобные тоннели сооружаются в Ленинграде и Гамбурге для автомобильных дорог, в Сан-Франциско для метрополитена, в Японии для железной дороги и др.

В центральных районах городов с многочисленными каналами и высоким уровнем грунтовых вод, где водопонижение могло бы привести к осадкам домов по трассе, опускание готовых секций в открытый, но заполненный водой котлован является одним из перспективных способов для указанных условий.

В больших городах все чаще встречаются подземные сооружения — комплексы, в том числе двух- и многоярусные тоннели. Под узкими улицами тоннели скоростного трамвая совмещаются в плане, располагаясь в два яруса.

Примеры такого решения: станция скоростного трамвая в центре Эссена, расположенная ниже автотранспортного тоннеля (рис. 60, а), участок трехъярусного тоннеля под Малым Бульварным кольцом (рис. 60, б), тоннели с ярусами для метрополитена, скоростного трамвая и пешеходов в Милане и Сан-Франциско.

Часто применяются инвентарные, временные рампы (Кельн, Брюссель), переносимые по мере готовности новых подземных участков трамвая.

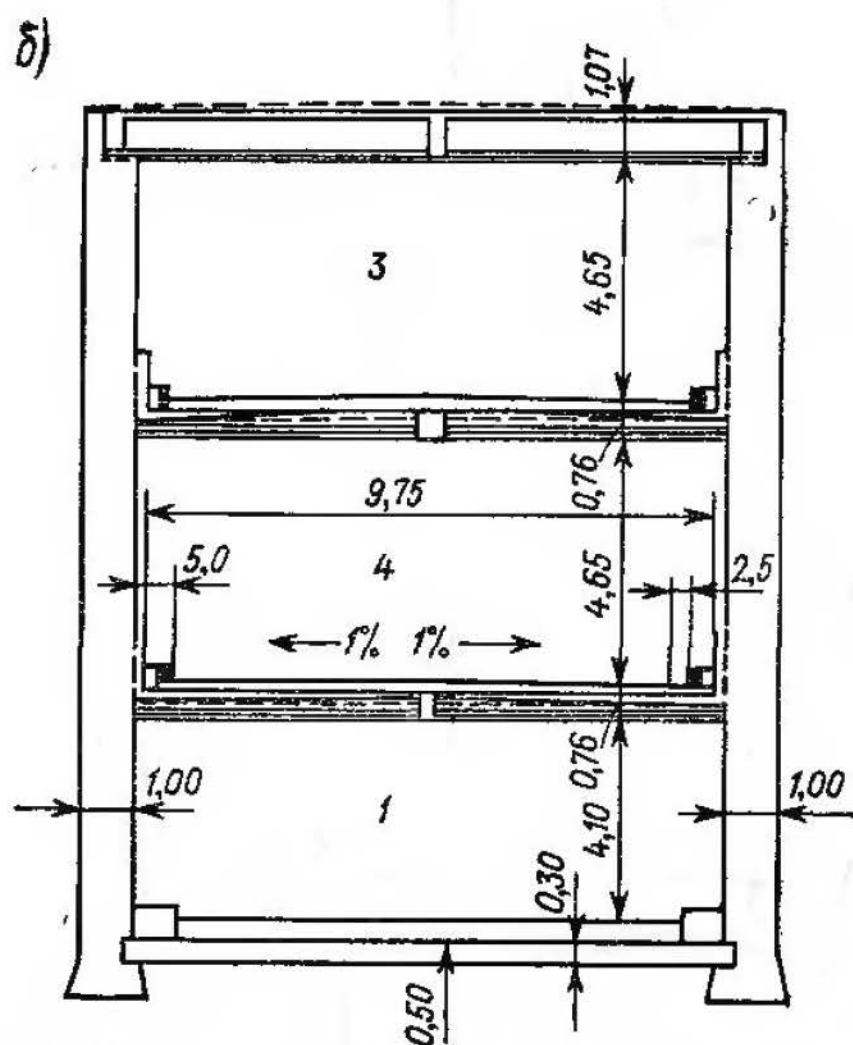
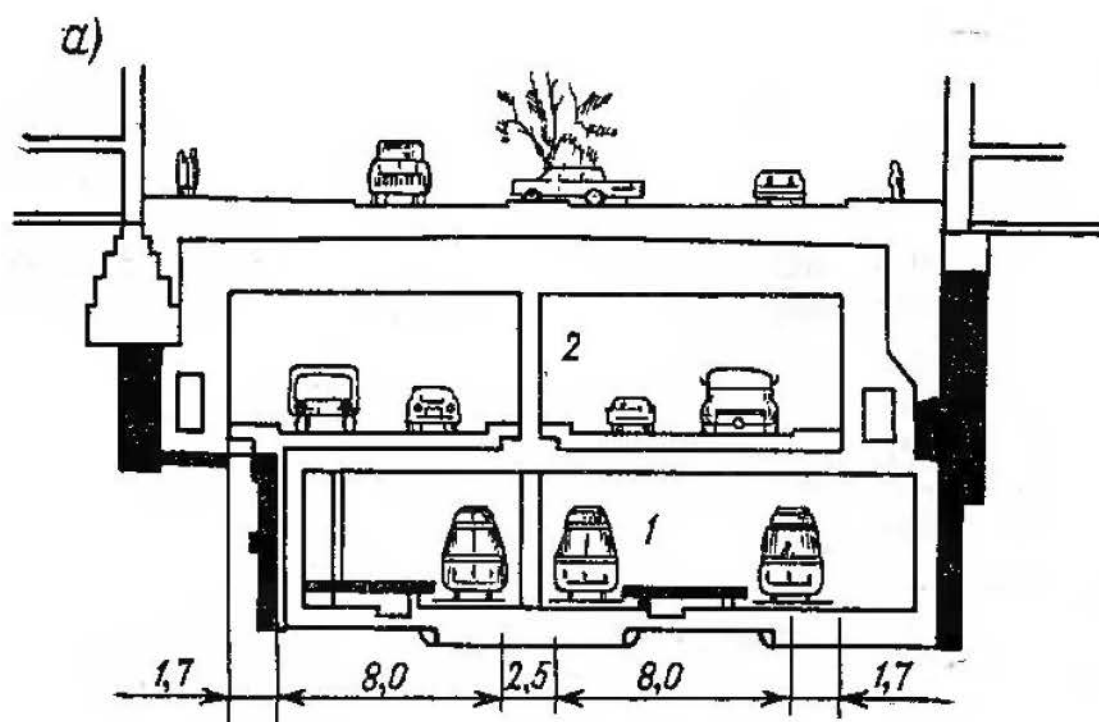


Рис. 60. Поперечные сечения ярусных тоннелей

а — в одном сооружении тоннели автомобильной дороги и скоростного трамвая; б — трехъярусный тоннель для автомобильных дорог и скоростного трамвая; 1 — тоннель скоростного трамвая; 2 — тоннель автомобильного движения; 3 — то же, для движения от центра города; 4 — то же, для движения к центру города

§ 24. УСТРОЙСТВО ПУТИ В ТОННЕЛЕ

В большинстве зарубежных тоннелей скоростного трамвая применена обычная путевая конструкция на щебеночном основании (Брюссель, Ганновер, Кельн, Франкфурт-на-Майне, Штутгарт и др.).

Однородность и жесткость отделки тоннеля, служащей основанием для рельсового пути, и стесненность поперечного сечения тоннеля обуславливают конструктивные изменения пути по сравнению с наземными участками. Поскольку отделка тоннеля рассчитана на значительно большие удельные давления, распределительный щебеночный слой может быть значительно уменьшен по толщине или заменен иным материалом.

В круглых тоннелях метрополитенов СССР применяется безбалластная конструкция пути, в которой деревянные шпалы утоплены в путевой бетон (рис. 61, а). Рельсовые крепления

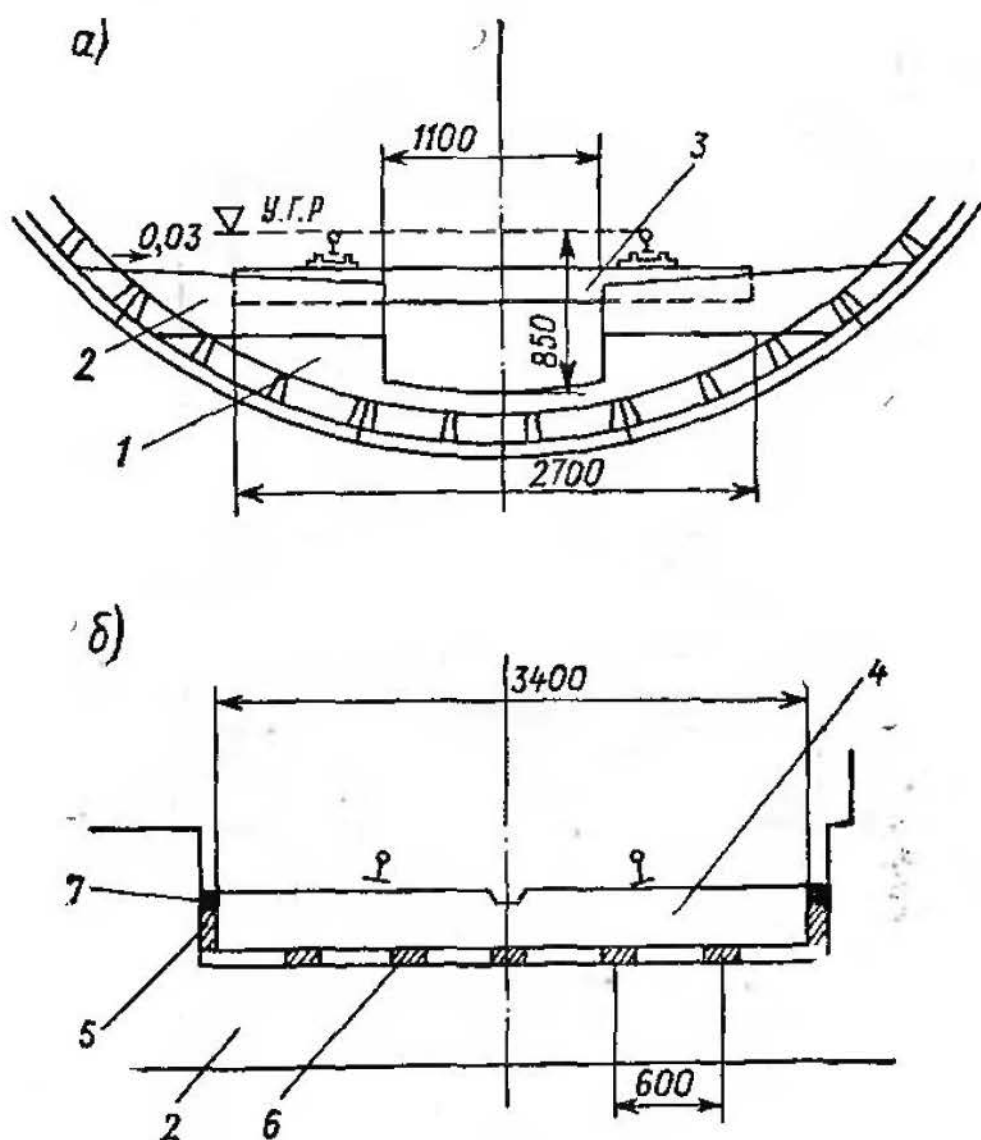


Рис. 61. Конструкция пути в тоннеле

а — тип метрополитена в тоннеле глубокого заложения; б — «плавающее» основание; 1 — бетон основания М 50; 2 — путевой бетон М 150 — 250; 3 — деревянная шпала; 4 — бетонная плита «плавающего» типа; 5 — изолирующая прокладка из неопрена толщиной 25 мм; 6 — упругие опорные подушки из резины; 7 — уплотнение в стыке плиты и бетонного основания

применяются раздельного типа, специально сконструированного для метрополитена. Между подошвой рельса и подкладкой помещают упругую резиновую или полихлорвиниловую двузубую прокладку толщиной 15 мм. Для регулирования положения рельса по высоте под этой прокладкой укладывают другую, из прессованной осины или водостойкой фанеры ФС-В. Конструкция скрепления позволяет быстро производить смену рельсов. Снижение продолжительности путевых работ имеет большое значение для СЛТ вообще, а для тоннелей в особенности.

С целью уменьшения строительной высоты путевой конструкции и снижения шумообразования ведутся поиски более совершенных решений. Наметились два направления поисков: по первому стремятся исключить все промежуточные элементы между рельсом и обделкой, а по второму — ввести между шпалами или плитами упругие элементы, способные заменить щебеночное основание.

В первом случае при непрерывном опирании рельса на обделку конструкция скреплений должна будет не только снижать динамичность передаваемой нагрузки, но и допускать в широком диапазоне регулировку высотного и горизонтального положения рельса, что особенно осложнено на кривых участках.

Во втором случае между бетонной плитой и конструкцией тоннеля вводятся подушки из резины или пластмассы, позволяющие снизить шум на 3—5 дБ. По такому методу устроена путевая конструкция для метрополитена в Торонто и Вашингтоне — так называемое «плавающее» основание (рис. 61, б). В будущем «плавающие» конструкции найдут применение в подземных участках СЛТ.

Поскольку температура воздуха и рельсов в длинных тоннелях имеет меньший диапазон сезонных и суточных колебаний, это благоприятствует устройству бесстыкового пути на прямых участках и на кривых радиусом более 300 м; длины рельсовых плетей ограничены длиной блок-участков. Такая путевая конструкция принята для первого проектируемого подземного участка СЛТ в Волгограде.

При проектировании бесстыкового пути в тоннелях СЛТ следует учитывать их меньшую сравнительно с метрополитеном длину.

Применение современных путевых конструкций и индукционной системы блокировки позволит укладывать бесстыковый путь в тоннеле, на рампах и наземных участках неограниченной длины без уравнительных пролетов и температурных компенсаторов.

План и профиль подземной трассы трамвая, как правило, проектируется по нормам и правилам метрополитена. Исключения могут составить временные рампы, на которых уклон принимается до 60% (Кельн).

§ 25. ПРОМЕЖУТОЧНЫЕ ПОДЗЕМНЫЕ СТАНЦИИ СКОРОСТНОГО ТРАМВАЯ

Подземные станции СЛТ делятся на промежуточные и узловые; в пределах последних происходят разветвления СЛТ или пересечения СЛТ между собой или с другими видами скоростного рельсового транспорта.

Подземные станции скоростного трамвая, так же как и метрополитена, являются самыми дорогими объектами на линии. При строительстве они представляют собой обычно выработку большого поперечного сечения, а в случае пересечения линий — и большой глубины.

При сооружении подземных участков СЛТ короткого протяжения, меньшего или равного длине перегона, необходимо избегать размещения станций под землей, располагая остановочные пункты на поверхности вблизи рамп, а при отсутствии их — у порталов. Подземные станции на СЛТ сооружаются только при длинных тоннельных участках, значительно превышающих длину одного перегона. Принцип размещения подземных станций такой же, как и наземных: в местах образования наибольших пассажиропотоков, на центральных площадях, у торговых и деловых центров, стадионов и т. п.

Продольный профиль подземного участка СЛТ проектируют пилообразным, размещая станционные площадки на его горбах. Такой профиль улучшает условия разгона поездов после остановки на станции и торможение перед станцией, что дает экономию электроэнергии. Котлованы станций, оказываясь ближе к поверхности, могут разрабатываться открытым способом, даже если тоннель проходят щитом.

Размещение промежуточных станций скоростного трамвая под улицей или площадью, их планировка, места входов и направления переходов бывают разнообразными, поэтому типизации поддаются в основном только станции, располагаемые под бульварами, проспектами или широкими улицами вблизи перекрестков. Принцип оборудования для всех станций общий.

Важным вопросом планировочного решения станции является определение рационального расположения, длины и высоты посадочных платформ. Пока единые решения отсутствуют, в проектируемых и эксплуатируемых станциях приняты различные решения даже для СЛТ одной страны (в Бельгии Брюссель и Антверпен, в ФРГ Кельн и Штутгарт* и др.). Сложность вопроса обусловлена различием в конструкции современных трамвайных и метрополитенных вагонов: в первые входят только

* В тоннелях Штутгарта, поскольку переориентация со скоростного трамвая на метрополитен произошла при уже приобретенном в достаточном количестве подвижном составе трамвая, в целях смешанной эксплуатации трамвайными и метрополитенными поездами платформы сделаны на одной половине низкими, а на другой — высокими.

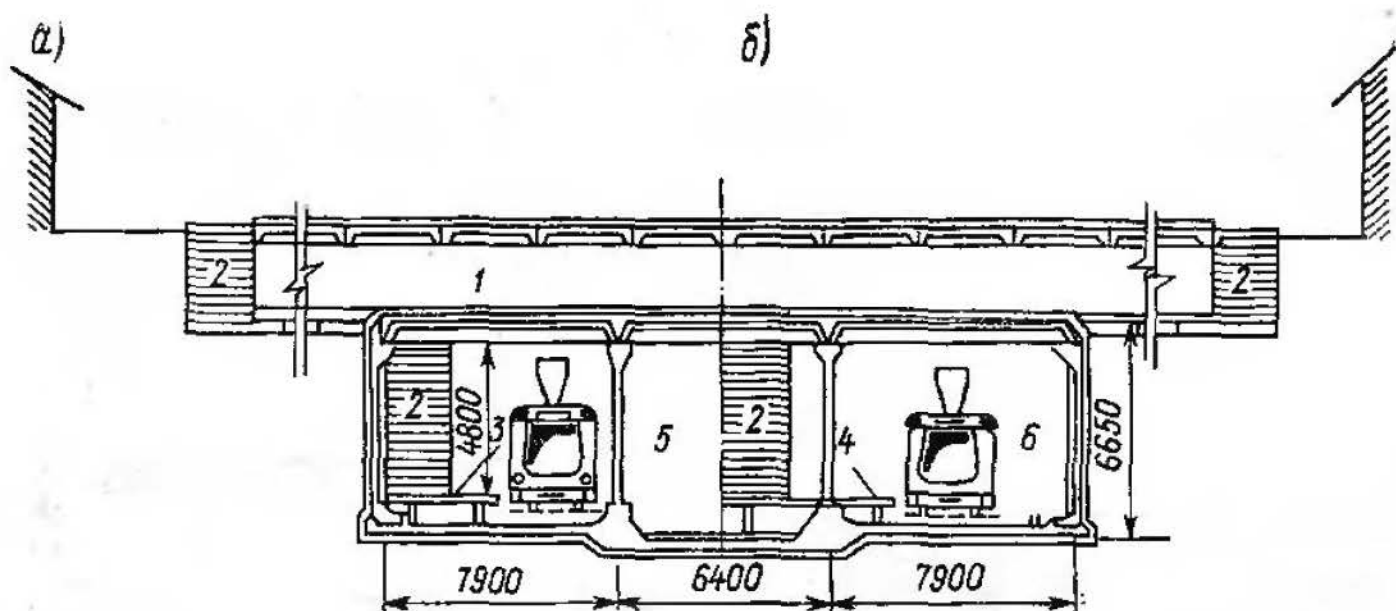


Рис. 62. Промежуточная подземная станция СЛТ в Волгограде

а — вариант с боковыми платформами; б — вариант с островной платформой; 1 — пешеходный переход; 2 — лестницы; 3 — боковая платформа; 4 — островная платформа; 5 — служебные помещения при боковых платформах; 6 — то же, при островных платформах

с правой стороны и с низкой платформы, а во вторые — с любой стороны и только с высокой платформы.

На СЛТ промежуточные подземные станции мелкого заложения, как правило, имеют две боковые платформы (Брюссель, Франкфурт-на-Майне, Кельн, Вена и др.). Гипрокоммундортрансом для подземной станции также запроектированы боковые платформы, но пути здесь раздвинуты, а пространство между ними занято помещениями тяговой подстанции и вентиляционной камерой (рис. 62). При возможном в будущем переустройстве скоростного трамвая в линию метрополитена может быть рассмотрен вопрос о сооружении здесь островной платформы.

Наиболее простое, островное расположение платформы, распространенное в большинстве метрополитенов мира, может быть принято для СЛТ с круглыми однопутными тоннелями, но организацией левопутного движения (Кривой Рог, Ереван и Волгоград).

Вопрос о высоте платформы над уровнем головки рельсов решается различно. В мировой практике встречаются четыре решения. В первом случае (Франкфурт-на-Майне, Ганновер) платформа устраивается на уровне, требуемом подвижным составом ГЖД, а эксплуатируемый здесь подвижной состав трамвая оборудуется комбинированными ступеньками (рис. 42, 1, 2).

Во втором случае (Брюссель, Штутгарт) высокая платформа, имеющая длину около 100 м, на некоторой части временно понижается до уровня, необходимого для трамвая; при этом пассажиры входят по ступенькам (рис. 8). В третьем случае платформа сооружается высокой, но путь временно также поднимается на дополнительный слой щебня, а при переустройстве под метрополитен понижается. Наконец, в четвертом слу-

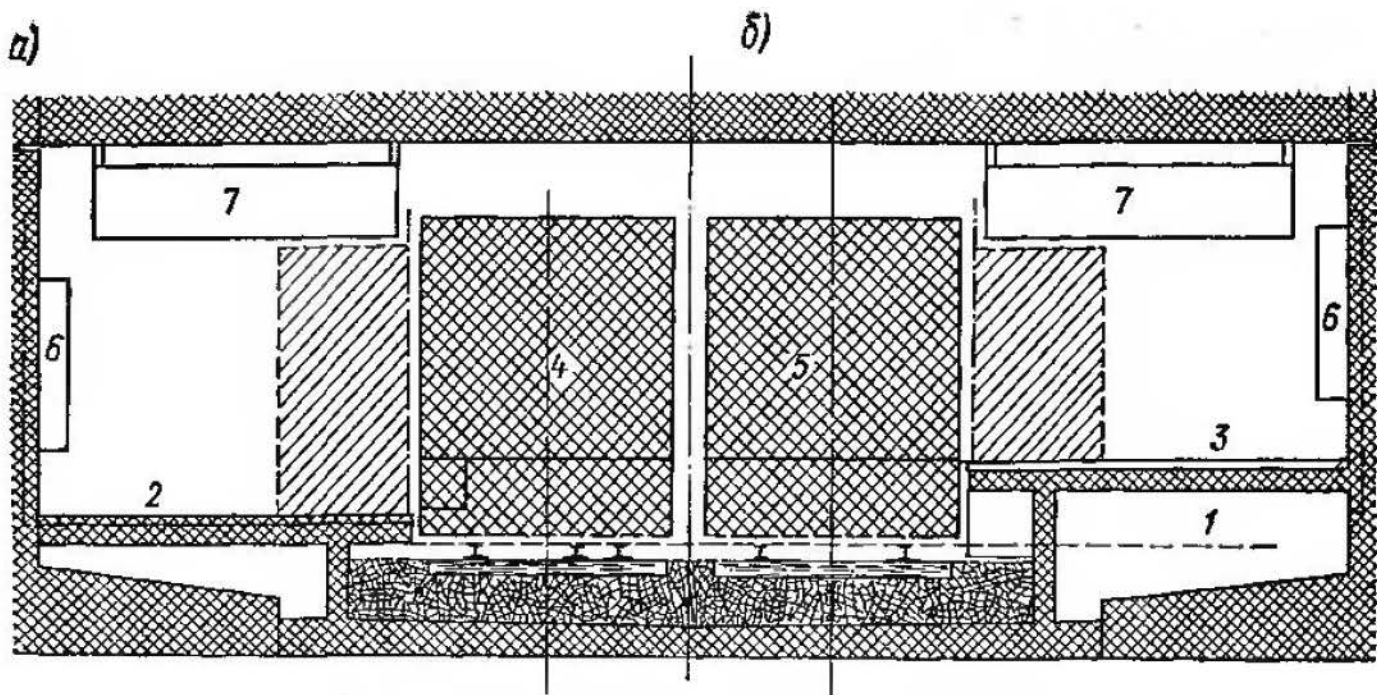


Рис. 63. Устройство пути и платформ на станции в Эссене

а — при эксплуатации линии вагонами колеи 1000 и 1435 мм; б — при организации эксплуатации вагонами ГЖД; 1 — уровень головки рельсов; 2 — платформа высотой 0,30 м над уровнем головки рельсов; 3 — то же, 0,90 м; 4 — габариты вагонов шириной 2,20 и 2,65 м; 5 — то же, 2,65 м; 6 — информационные витрины (план линии, расписание, тариф); 7 — указатель маршрута подходящего поезда

чае имеется в виду, что в нужное время платформа будет перестроена с низкой на высокую на всем протяжении (рис. 63).

В большинстве случаев к концам промежуточных станций примыкают пешеходные переходы, располагаемые непосредственно под проезжей частью улицы, а лестницы на платформы начинаются от этих переходов (рис. 62). В СССР принято при глубине до 5 м пользоваться только лестницей, при глубине от 5 до 7 м — устанавливать эскалаторы только для подъема (спуск по лестнице), а при больших глубинах — в обоих направлениях.

В настоящее время распространены эскалаторы, наклоненные к горизонту под углом 30° , с шириной лестничного полотна 1 и 0,66 м (для подъема на каждой ступеньке по два и по одному пассажиру) и высотой ступеньки 0,2 м. Скорость движения эскалаторов колеблется от 0,5 до 1 м/с, а высота подъема — от 4,5 до 66 м; последний размер встречается только в метрополитене.

В ряде зарубежных подземных станций применяется система пуска и остановки эскалатора, выключатели которой действуют от прерывания луча на фотоэлемент. Таким образом экономится электроэнергия, бережется оборудование и уменьшается износ трущихся частей механизма эскалатора.

Для многих зарубежных подземных станций метрополитенов, не только узловых, но и промежуточных, характерно устройство не двух или четырех, а семи — одиннадцати входов с разных сторон площади. В качестве примеров приводится схема станции на площади Нового рынка, в центре Кельна (рис. 64).

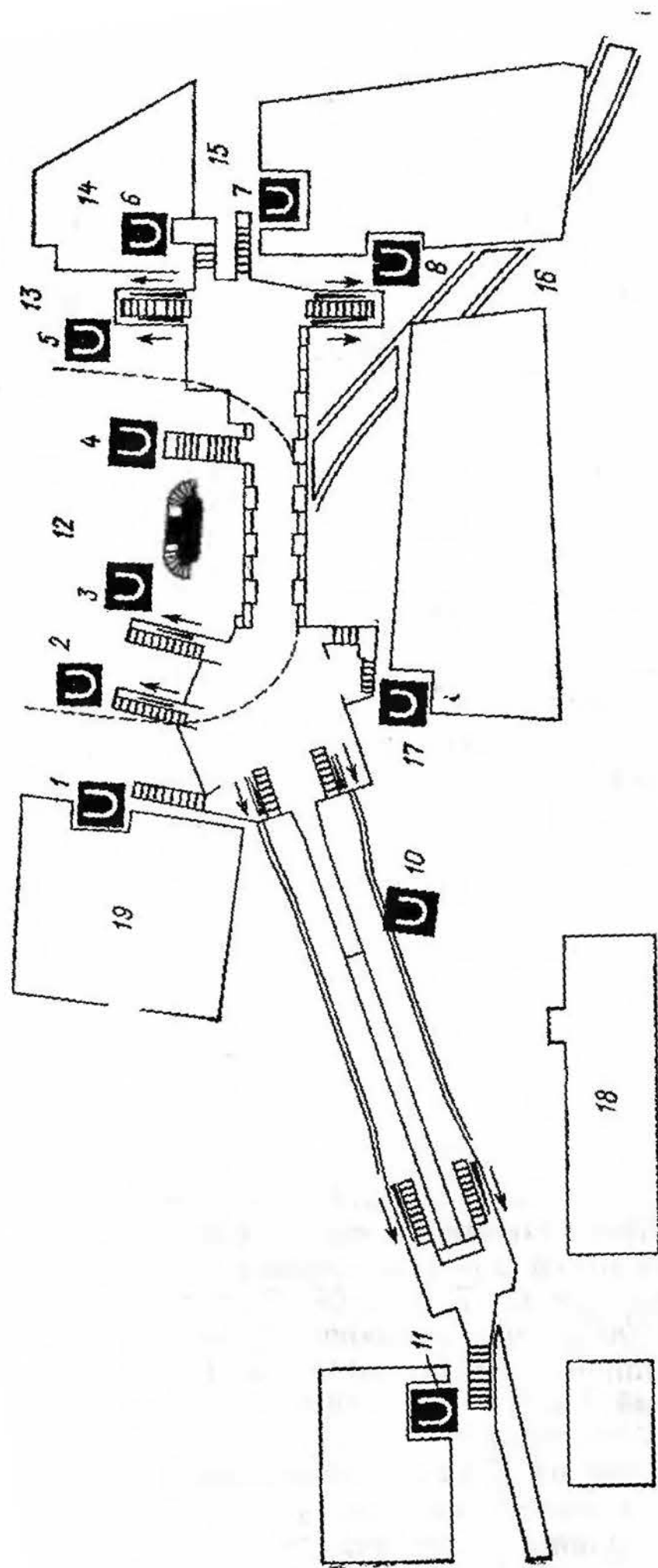


Рис. 64. Промежуточная станция со многими входами (Кёлы)

1-11 — выходы; 12 — Новый рынок; 13 — улица Ричмонд; 14 — Универмаг; 15 — улица Цепелина; 16 — переулок Шиллера; 17 — улица Цецилии; 18 — школа; 19 — Управление здравоохранения

Если на наземных остановочных пунктах СЛТ кассы и турникеты для оплаты за проезд в большинстве случаев отсутствуют, то на подземных станциях тех же СЛТ, как правило, имеются и кассы, и автоматы для продажи билетов, и турникеты.

На некоторых СЛТ с подземными участками имеются телевизионные устройства, дающие возможность центральному диспетчеру контролировать движение поездов на линии, распределение пассажиров по длине платформы, давать по трансляции нужную информацию. На станциях СЛТ с несколькими маршрутами, как правило, подвешены световые табло, заблаговременно сообщающие о подходе поезда трамвая определенного маршрута.

Отметим, что подземные станции трамвая и метрополитена для обеспечения водостока располагаются на уклонах 2—3‰, а для возможности наблюдения водителем за посадкой — на прямых или кривых радиусом не менее 600 м.

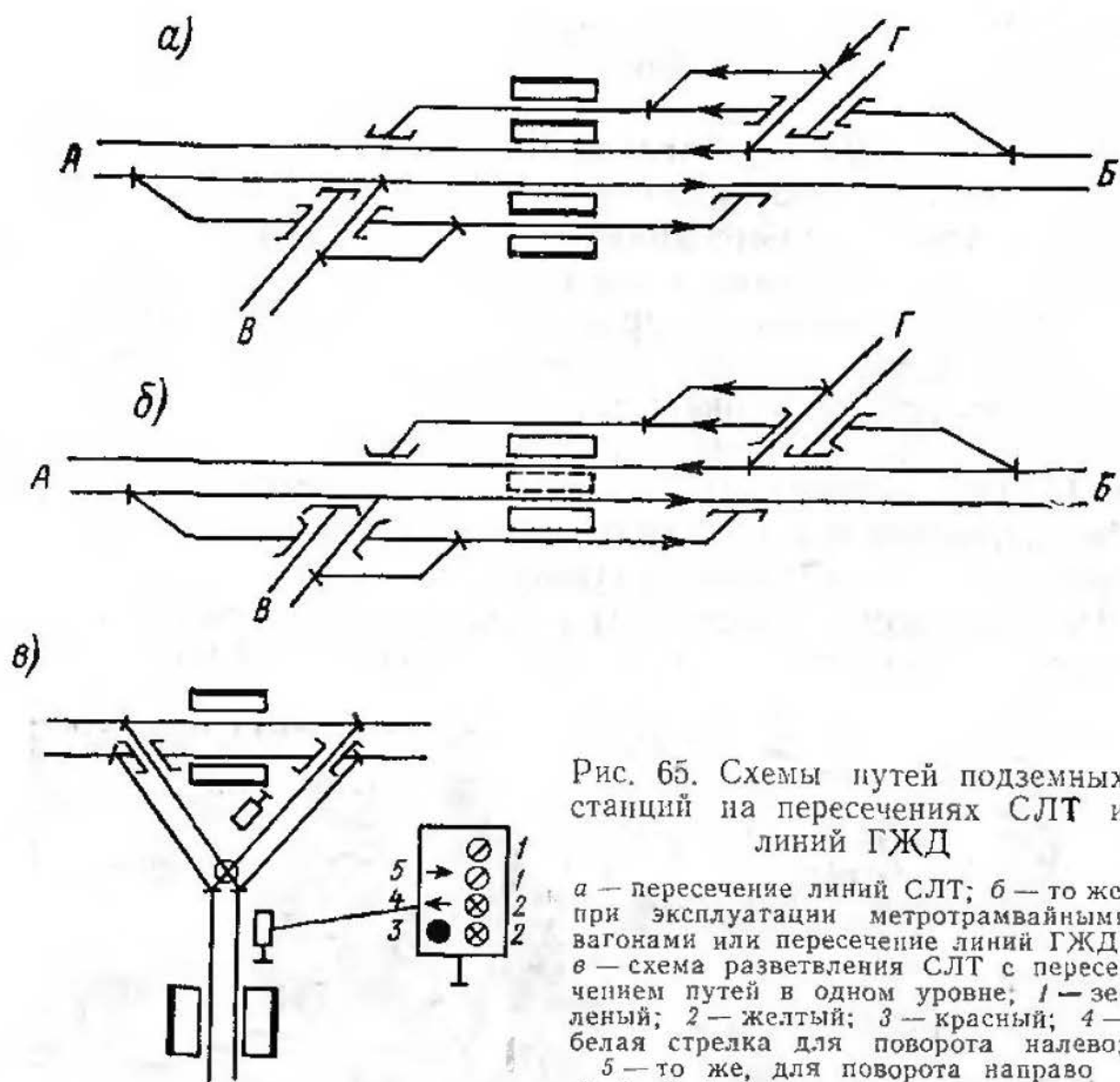
§ 26. ПОДЗЕМНЫЕ ПЕРЕСАДОЧНЫЕ УЗЛЫ

Различают подземные узлы, в которых разветвляются или пересекаются только СЛТ, и узлы, в которых перекрещиваются две, три и даже четыре линии разных видов скоростного транспорта. В последнем случае при строительстве узла основное значение имеет более мощный, более провозоспособный вид транспорта — СПГЖД или метрополитен. Как правило, в любом узле организуется пересадка пассажиров с одной линии на другую одного или разных видов транспорта и выход на дневную поверхность с возможной пересадкой на уличный транспорт.

Пересекающиеся линии одного вида транспорта не всегда имеют путевое соединение; так, линии метрополитена обычно такого соединения не имеют; то же относится и к некоторым линиям СПГЖД.

Подземные пересадочные станции СЛТ различаются планировкой и устройством в зависимости от угла пересечения линий: при острых углах они называются «параллельными» (здесь возможны соединения путей для организации маршрутов, переходящих на пересекаемые СЛТ, рис. 65, а), а при углах пересечения, близких к 90°, — «пересекающимися». Если платформы пересекающихся линий располагаются на разных ярусах, то такие типы станций называются башенными (например, станция «Искусство», Брюссель).

При эксплуатации на СЛТ односторонних вагонов пересадочные узлы усложняются, так как число платформ больше, чем при метротрамвайных вагонах, что нетрудно видеть из схемы, на которой для сопоставления показаны решения для обоих случаев (рис. 65, а, б).



На практике встречаются и более простые подземные станции разветвлений СЛТ с пересечением путей в одном уровне и применением при этом простейшей блокировки («Мацлейнердорферплац» в Вене) (рис. 65, в).

На таком разветвлении применяется светофорная система, обеспечивающая безопасность движения. Узел с ответвлением должен пропускать 120 поездов в час. Перевод стрелок осуществляется водителем с помощью контактов пантографа с добавочным проводом (так же, как в наземном трамвае). Дальнейшее движение поезда на ответвление должно соответствовать показаниям светофора, схематическое изображение которого дано на том же рисунке.

Пересадочные узлы, в которых перекрещивается несколько линий различных видов скоростного рельсового транспорта и где нередко проходит тоннель для безрельсового транспорта, являются уникальными сооружениями и занимают большое подземное пространство на большой глубине. Упомянем о двух из них.

Во Франкфурте-на-Майне такой подземный комплекс построен на площади Хауптвахе, на которой проходит линия, эксплуатируемая совместно поездами ГЖД и скоростного трам-

вая; в будущем на разных подземных ярусах ее будут пересекать еще две линии: линия СПГЖД и полукольцевая линия метрополитена (рис. 66).

В Мюнхене на Карловской площади сооружается пятиярусный подземный пересадочный комплекс, называемый «Штахус». В 1971 г. здесь открыто движение по линии СПГЖД, остальные две линии метрополитена предусмотрены проектом. На поверхности улицы создана четырехпутная станция трамвая. Первый подземный ярус станции отведен пешеходам для прохода к подземным входам в универмаги, расположенным по периметру площади, а также к любым лестницам, ведущим на тротуары, платформы трамвая; здесь же имеются торговые предприятия, кафе, служба быта и санузлы. На втором подземном ярусе расположены склады, кассы и турникеты.

Нижние ярусы разделены на части. Одна часть третьего и четвертого ярусов отведена под платформы СПГЖД и буду-

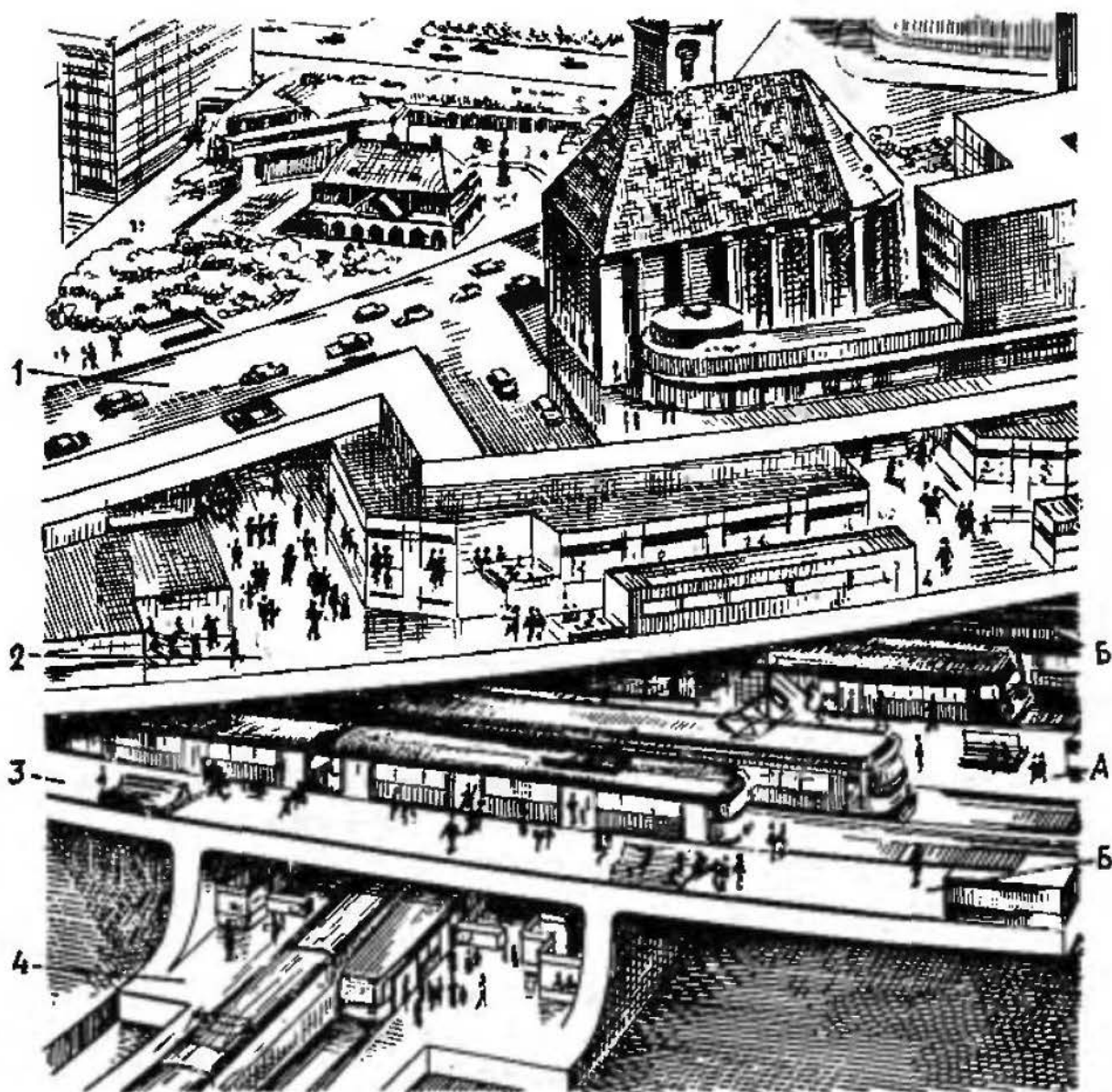


Рис. 66. Подземный пересадочный узел на пл. Хауптвахе (Франкфурт-на-Майне)

1 — проезжая часть улицы; 2 — пешеходные переходы, торговые точки, кафе, кассы и турникеты; 3 — платформы двух будущих линий: А — СПГЖД; Б — полукольцевой ГЖД; 4 — платформы действующей линии с совместной эксплуатацией пути поездами ГЖД и скоростного трамвая

щего метрополитена, а другая — под стоянки и техническое обслуживание легковых автомобилей, попадающих сюда по пандусу с соседней улицы. На разных ярусах комплекса расположены также вентиляционные и водоотливные установки, тяговые подстанции и служебные помещения.

Подземный комплекс «Штахус» сооружался в сложных гидрогеологических условиях, работы велись поэтапно, с устройством местных обходов и объездов, так как полный перерыв движения на площади был невозможен: через площадь здесь ежедневно пропускается 3000 трамвайных поездов, 100 000 автомашин и более 700 000 пешеходов.

Подобные сблокированные подземные комплексы появляются и в других городах (Брюссель, Кельн и др.). Преимущество подземных комплексов заключается в освобождении поверхности улиц и площадей от вспомогательных служб и коммуникаций.

На современном этапе градостроительные и транспортные проблемы в центрах больших городов (первой и второй групп) все чаще решаются с самым широким использованием подземного пространства.

ГЛАВА VIII

ВОПРОСЫ ОРГАНИЗАЦИИ ДВИЖЕНИЯ НА ЛИНИЯХ СКОРОСТНОГО ТРАМВАЯ

§ 27. КООРДИНАЦИЯ СКОРОСТНОГО ТРАМВАЯ С ДРУГИМИ ВИДАМИ ГОРОДСКОГО ТРАНСПОРТА

Скоростной трамвай, создаваемый на базе хорошо развитого трамвайного предприятия, не выделяется в самостоятельную административно-хозяйственную организацию и управляется как часть существующего хозяйства, с распределением его элементов по эксплуатационным службам. Только в редких случаях скоростной и обычный трамвай принадлежат различным транспортным предприятиям.

Поскольку в больших городах обычно эксплуатируется несколько видов общественного транспорта, то очень важно создать единую маршрутную систему и координировать работу всех видов транспорта.

Координация работы транспортных предприятий предусматривает правильную организацию пассажирских перевозок в городе, обеспечение безопасности движения, составление согласованных расписаний движения, унификацию тарифов, организацию единого диспетчерского руководства и информационной службы. Этим требованиям в наибольшей мере удовлетворяет

созданное в Москве Управление пассажирского транспорта Мосгорисполкома, ведающее всеми видами транспорта, кроме метрополитена и железной дороги.

В больших зарубежных городах часто подчеркивается необходимость создания единого органа, координирующего работу всех видов городского транспорта и занимающегося также вопросами организации управления отдельными транспортными предприятиями с их правами и обязанностями, планированием, материальным обеспечением и т. д.

На такой орган намечено возложить проектирование и развитие транспортной системы города, включая выбор мест для стоянок автомашин при системе «Park and Ride», резервирование технических зон для будущих трасс и др. В двух городах (Гамбурге и Мюнхене) удалось организовать только транспортно-тарифные объединения.

Эффективность работы СЛТ в большой мере зависит от правильной координации управления всеми видами транспорта города и распределения функций между ними.

Важнейшим вопросом в этом отношении является организация единой маршрутной системы, увязывающей маршруты всех видов транспорта.

Скоростные трамвайные маршруты, как основные, так и подвозочные к станциям метрополитена или СПГЖД, проходят по СЛТ (с наземными и в некоторых случаях с подземными участками) и иногда на небольшом протяжении выходят на сеть обычного трамвая. Маршрут, пролегающий по СЛТ с подземными участками, как правило, бывает основным. Маршруты, проходящие только по наземным СЛТ, бывают и основными, и подвозочными. Только в редких случаях (метротрамвай Бостона) вся сеть трамвая является скоростной.

Не всегда трамвайный маршрут, проходящий по СЛТ, может быть отнесен к скоростному (см. табл. 24); критерием отнесения его к скоростному является скорость сообщения.

По сравнению с метрополитеном сеть подземного скоростного трамвая обладает весьма существенным преимуществом, заключающимся в пропуске по одному тоннелю нескольких маршрутов, т. е. в предоставлении несравненно большей возможности проезда без пересадок. Такой возможности не дает ни один метрополитен, даже пропускающий три маршрута (Западный Берлин, Сан-Франциско).

Примерами удачного построения маршрутной сети являются Брюссель и Кельн. Каждый из двух подземных участков в Брюсселе пропускает по пять маршрутов. Маршрутный коэффициент на подземных трассах Кельна также высок: почти половина всех маршрутов (7 из 16), имеющих протяжение от 11,5 до 24 км, проходит по подземному участку длиной от 2,5 до 8 км (рис. 67). Сравнение общей протяженности маршрутов с длиной участков, проходящих в тоннеле, дано в табл. 25.

Сравнение маршрутов по скорости сообщения

Город	№ маршрута	Протяжение маршрута, км		Скорость сообщения, км/ч		
		в пределах СЛТ	общее	на маршруте		средняя на всех городских маршрутах
				в пределах СЛТ	на всем маршруте	
Ленинград	4	7,5	9,5	Будни 27,8	25,0	15,6
	36	12,2	23,6	Будни 27,2	18,8	15,6
				Праздники 32,2	20,8	15,6
Волгоград	8	13,5	13,5	Проект 28,0	28,0	15,2

Таблица 25

№ маршрута	Протяжение, км	
	всего маршрута	участков, проходящих в тоннеле
3	19,7	2,5
4	19,8	2,5
5	19,8	2,3
9	24,0	3,2
11	11,5	3,3
12	17,6	3,3
15	16,3	2,5

Так как наземные линии на большом протяжении расположены на обособленном полотне (см. с. 49 и рис. 10), то большая часть рассматриваемых маршрутов относится к скоростным.

Поскольку в Кельне трамвай является основным, а не подвозящим видом транспорта, то этим объясняется значительная протяженность маршрутов, большинство из которых являются диаметральными, соединяющими противоположные пригороды через центр города.

По вечерам, в часы спада нагрузки, и по утрам в выходные дни часть маршрутов не работает; имеются маршруты, работающие только в часы «пик» в рабочие дни.

Таким образом, в практике скоростного трамвая применяются существенно различные виды маршрутов; общим для них является только обязательное условие — высокая скорость сообщения.

Движение на наземных участках СЛТ осуществляется в условиях прямой видимости. При этом предполагается, что в случае необходимости трамвайный поезд со скоростью 50 км/ч в нормальном режиме может быть заторможен на расстоянии, не превышающем 150, а в экстренном случае — 75 м.

Малонпользуемые переезды, сохраняемые на окраинах и в пригородной зоне, оборудуются автоматически действующими светофорной сигнализацией и полушлагбаумами, обеспечивающими преимущественное движение скоростного трамвая.

Сигнализация и блокировка в тоннелях скоростного трамвая и, тем более, праметрополитена применяется во всех случаях, кроме тоннелей небольшого протяжения (до 200—300 м), где светофорная сигнализация оборудуется только на въездах.

Устройства блокировки с защитными участками бывают различных систем, начиная от простейшей, какую позволяют короткие тормозные пути.

На подземном участке трамвая в Вене устройства блокировки дают следующие виды сигналов на светофорах: «зеленый—зеленый» означает незанятость двух следующих блок-участков и разрешает движение со скоростью 50 км/ч, «зеленый—желтый» означает, что только один, ближайший блок-участок свободен и движение разрешено со скоростью 30 км/ч, «желтый — желтый» означает, что на следующем участке находится поезд, к которому разрешено двигаться со скоростью, не превышающей 15 км/ч. Красный сигнал на перегонах в Вене не применяется; он используется только на глухих пересечениях, в подземных узлах, при встречном пересечении «враждующих» поездов.

Более сложным, но и более совершенным является устройство блокировки и сигнализации, примененное на участках праметрополитена в Брюсселе. Здесь применена светофорная система с семью комбинациями световых сигналов. В число сигналов входят три цвета (красный, желтый, зеленый) и четыре числовых светящихся транспаранта. Показания сигналов означают:

- 1) «красный» — полная остановка поезда;
- 2) «красный» и «желтый» — остановка, а затем движение со скоростью не выше 10 км/ч;
- 3) «желтый» и число «18» — движение со скоростью не более 18 км/ч;
- 4) «желтый» и число «27» — то же, 27 км/ч;
- 5) «желтый» и число «33» — то же, 33 км/ч;
- 6) «желтый», «зеленый» и число «40» — то же, 40 км/ч;
- 7) «зеленый» — движение со скоростью не более 50 км/ч.

При переходе на режим эксплуатации тоннелей поездами метрополитена предполагается эту систему сохранить; изме-

нится только значение седьмого сигнала, при котором скорость будет не более 90 км/ч.

Сигнал 1 установлен перед платформой станции и включается, если у платформы находится поезд; сигналы 2, 4, 6 и 7 установлены на перегонах и включаются в том случае, если впереди движущегося поезда свободны соответственно 1, 2, 3 или 4 блок-участка; сигналы 3 и 5 установлены перед участками с тяжелыми условиями движения.

Длины блок-участков, в зависимости от уклонов, равны 30—70 м, поэтому при необходимости поезд останавливается служебным торможением на протяжении одного, двух или трех блок-участков.

Принятая в Брюсселе система расстановки сигналов и дифференцирование в зависимости от расстояния до идущего впереди поезда повышает пропускную способность СЛТ по сравнению с применяемой в настоящее время на метрополитене с запрещающим красным сигналом.

Благодаря применению для управления сигнализацией тока высокой частоты (13, 15 и 18 кГц) отпала необходимость в разделении блок-участков изолирующими стыками и появилась возможность сваривать рельсовые плети значительно большей длины, чем протяженность отдельных блок-участков. Индуктивная, бесконтактная система применяемой автоматики надежна, а эксплуатация нетрудоемка.

Примененная система предусматривает автоматическую остановку поезда при нарушении указаний светофоров, исключает наезды поезда на поезд, таким образом повышает безопасность движения.

Для управления движением наземных скоростных маршрутов трамвая используется диспетчерская служба, единая для всей трамвайной сети города. Для наблюдения за движением пешеходов на станциях и поездов по путям подземной сети праметрополитена Брюсселя, ГЖД и скоростного трамвая Франкфурта-на-Майне созданы специальные диспетчерские центры, где сосредоточены телевизионные экраны, принимающие изображения с различных участков и станций. В этих центрах осуществляется контроль за регулярностью движения, являющейся одним из важных элементов привлекательности любого вида транспорта.

Регулярность движения поездов скоростного трамвая — это экономия времени для пассажиров и повышение комфортабельности поездок, а для предприятия — повышение рентабельности. Качество перевозок пассажиров и даже работа самого предприятия могут оцениваться показателем (индексом) регулярности осуществляемых рейсов [6].

Регулярность обеспечивается не только оперативными мерами, но и правильным составлением расписаний, учитывающим прогнозируемые пассажиропотоки по отдельным часам. В по-

следнее время наметилась тенденция использования автоматизированных систем контроля регулярности движения трамваев, троллейбусов и автобусов, основанных на применении ультракоротковолновых радиопередатчиков.

§ 29. ПОРЯДОК ОПЛАТЫ ПРОЕЗДА НА СЛТ

Проездные тарифы на всех видах городского транспорта в зарубежных капиталистических странах значительно выше (в три-четыре раза), чем в СССР. Отмечаются случаи продолжающегося повышения стоимости проезда, вызванного увеличением расходов транспортных предприятий. Поскольку такое повышение вызывает неодобрение населения, то в ряде городов ФРГ оно заменяется повышением отпускной цены на бензин. Таким же образом финансируют прокладки отдельных новых линий, реконструкцию вокзалов и т. п.

В разных капиталистических странах и даже в разных городах одной страны Западной Европы применяются разные тарифы и разнообразные способы оплаты проезда.

В некоторых странах на всех видах городского транспорта, включая метрополитен, действует участковый тариф. В городах нашей страны и стран народной демократии чаще применяется единый тариф. Во многих случаях билеты действительны на два-три вида транспорта (с пересадкой) для поездки в течение 1 ч в одном направлении.

В ФРГ практикуется повышение тарифа (наценка до 50%) при поездках за черту города. Иногда для туристов вводятся специальные проездные карточки, по которым возможно совершать поездки в черте города.

Для стимулирования поездок вне часов «пик» в ряде городов в период спада поездок действует льготный тариф.

Широко практикуется продажа со скидкой многоразовых карточек и книжечек абонементных талонов. Замечено, что как только скидка достигает 25—30%, то количество пассажиров, приобретающих абонементы, возрастает до 30—60%. Абонементы обычно продаются в газетных киосках и других торговых точках.

В трамвайных вагонах СССР, курсирующих по скоростным и обычным линиям, кондукторы, как правило, отсутствуют. Пассажиры либо опускают деньги в кассовое устройство (установленное в салоне вагона) и сами отрывают проездной билет, либо пробивают компостером (прикрепленным к стенке вагона в салоне) абонементный талон, приобретенный заранее.

Бескондукторное обслуживание вагонов распространено в ряде зарубежных стран, но нередки случаи, когда труд кондуктора необходим. Так, например, в вагонах праметрополитена Брюсселя вход с задней площадки обслуживается кондуктором,

а с передней — компостером. Средняя дверь служит только для выхода.

В трамвайных вагонах городов ФРГ кондукторов обычно нет. Специализация дверей здесь зависит от типа и планировки салона подвижного состава.

Описанный порядок приобретения билетов и их контроля несколько меняется при движении поездов по подземным участкам. В Брюсселе, Кельне и Франкфурте-на-Майне билеты приобретаются на станциях, в кассах или автоматах, и контролируются в турникете при проходе к эскалатору или лестнице. Если турникеты на станциях отсутствуют, то компостирование билетов производится в салоне вагона.

Как правило, в пределах СЛТ водитель не продает абонементных талонов и даже не контролирует правильность билетов у входящих пассажиров. Особенно это подчеркнуто на линии, по которой кроме скоростного трамвая, проходят более быстроходные поезда ГЖД.

В литературе иногда встречается информация о нулевых тарифах в некоторых городах (например, в центре Гамбурга для метрополитена) или о возможности бесплатного проезда («BART» в Сан-Франциско). Бесплатный проезд необходим в целях разгрузки современных центральных улиц от автомобильного транспорта; стоимость проезда в этих случаях входит обычно в состав прямого или косвенного налога.

В некоторых городах вводится система применения билетов с магнитной записью, которая считывается и контролируется автоматами на турникетах при входе (а иногда и при выходе); использованная часть записи стирается.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ближайшие десятилетия значение скоростного трамвая приобретает все большее значение в решении транспортных проблем больших городов. Мировая практика применения скоростного трамвая показала его достаточную гибкость, малую капиталоемкость, большую (по сравнению с обычным трамваем) провозную способность и скорость сообщения, приближающие его к метрополитену, возможность организации беспересадочных сообщений, что в целом позволяет значительно снизить затраты времени трудящихся при поездках на работу.

В будущем прогнозируется значительный рост населения в СССР; до 80% из них будет проживать в городах. Прогнозируется рост городов, в том числе I и II групп, в которых будут быстрыми темпами сооружаться метрополитены, но поскольку рост городов все же опережает темп строительства метрополитенов, то в ряде городов II группы будет интенсивно строиться и развиваться скоростной трамвай. Таким образом, скоростной

трамвай станет в будущем основным видом пассажирского транспорта в городах III и многих городах II группы.

Целесообразно всем крупным трамвайным предприятиям совместно с градостроителями наметить способы постепенного, поэтапного преобразования ряда существующих, обычных линий трамвая в скоростные, а на тех линиях, которые не могут быть преобразованы в скоростные, увеличить скорость движения поездов.

Существует два направления дальнейшего развития скоростного трамвая. По первому — совершенствуется подвижной состав для эксплуатации как на скоростных линиях, так и на линиях обычного трамвая. По второму — вводятся в эксплуатацию метротрамвайные вагоны, совершенствуется система сигнализации и блокировки, изолируется трасса. Таким образом, скоростной трамвай преобразовывается в ГЖД. Поезда ГЖД эксплуатируются на специальных метрополитенных и трамвайных линиях с высокими и низкими платформами, осуществляя прямую связь между центром города и близкими и отдаленными пригородами. Система ГЖД получает все более широкое распространение, особенно в больших агломерациях и урбанизированных территориях.

Прогресс в технике тоннелестроения позволяет удешевить и ускорить строительство подземных участков скоростного трамвая. На базе этих участков образуются праметрополитены, способствующие в будущем строительству метрополитена.

Список литературы

1. Кларк И. Ф. Транспорт Ленинграда в связи с расселением населения. В сб.: «Трамвай». Л., ЛНИИКХ, 1936.
2. Зильберталь А. Х. Проблемы городского пассажирского транспорта. М. — Л., Гострансиздат, 1937.
3. Скачков А. И. Затраты времени на передвижения пассажиров на городском и пригородном железнодорожном транспорте. Труды АКХ, вып. 78. М., 1970.
4. Страментов А. Е., Сосянц В. Г., Фишельсон М. С. Городской транспорт. М., Стройиздат, 1969.
5. Самойлов Д. С. Научные основы организации пассажирского транспорта в городах. Автореферат диссертации на соискание ученой степени д-ра техн. наук. М., МАДИ, 1972.
6. Клопотов К. К. Усовершенствование эксплуатации городского транспорта за рубежом. М., Стройиздат, 1969.
7. Лаппо Г. М. Основные изменения в сети городских поселений СССР. В сб.: «Географические аспекты урбанизации». М., «Знание», 1971.
8. Методические указания по проектированию сетей общественного транспорта, улиц и дорог. ЦНИИПградостроительства, вып. 1. М., 1968.
9. Взаимодействие городского и пригородного железнодорожного транспорта (под общ. ред. Скалова К. Ю. и Михеева А. П.). Труды ИКТП при Госплане СССР. М., «Транспорт», 1972.
10. Вопросы организации работы и развития городского пассажирского транспорта. Труды ИКТП при Госплане СССР, вып. 41. М., 1973.
11. Самойлов Д. С., Якушкин И. М., Фатеев И. А. Применение скоростного трамвая для городских и пригородных сообщений (методическое пособие). М., АКХ, 1964.
12. Пиир М. А. Скоростной и подземный трамвай в Ленинграде. — «Строительство и архитектура Ленинграда», 1965, № 1.
13. Болоненков Г. В. Проектирование сетей скоростного общественного транспорта в крупных городах. М., ЦНИИПградостроительства, 1970.
14. Хиценко В. В., Фишельсон М. С. Основные направления развития городского пассажирского транспорта. Труды АКХ, вып. 92. Л., Стройиздат, 1974.
15. Хиценко В. В. Проблемы развития скоростного трамвая. Комитет по проблемам транспорта Всесоюзного и Ленинградского областного советов НТО. Доклады научно-технической конференции «Состояние и перспективы развития скоростного пассажирского транспорта в Ленинграде». Л., ЛОСНТО, 1970.
16. Хиценко В. В. Скоростные линии трамвая в крупных городах. В сб.: «Город и пассажир» ЛОСА СССР и НТО КХиБО. Л., ЛенНИИПградостроительства, 1971.
17. Хиценко В. В. Скоростной трамвай для городских и пригородных сообщений. Труды АКХ, вып. 92, Л., Стройиздат, 1974.

18. Шейнюк Г. С. Скоростной трамвай. Обзор из серии «Проблемы больших городов». М., ГОСИНТИ, 1971.

19. Галонен Ю. М. Скоростной трамвай в Москве и других крупных городах СССР. Труды АКХ, вып. 57. М., 1968.

20. Пономарев А. А. Повышение эффективности использования подвижного состава городского электрического транспорта. В сб.: «Улучшение работы городского пассажирского транспорта». М., МДНТП, 1973.

21. Граве И. П. Железнодорожные кривые малых радиусов. Автореферат диссертации на соискание ученой степени д-ра техн. наук. Л., ЛИИЖТ, 1964.

22. Вериго М. Ф., Крепкогорский С. С. Общие предпосылки для корректировки правил расчетов жел.-дор. пути на прочность. «Динамические исследования пути и корректировка правил расчетов жел.-дор. пути на прочность». Труды ЦНИИ МПС, вып. 466. М., «Транспорт», 1972.

23. Ершков О. П. Расчет поперечных горизонтальных сил в кривых. Труды ЦНИИ МПС, вып. 301. М., «Транспорт», 1966.

24. Науменко В. С., Гойхман Л. В. Природа возмущающих сил, вызывающих вертикальные колебания подвижного состава при движении его по рельсовому пути. Труды АКХ, вып. 78. М., 1970.

25. Хиценко В. В. Рельсовый путь скоростного трамвая. Труды АКХ, вып. 92. Л., Стройиздат, 1974.

26. Хиценко В. В. Оптимальная упругость трамвайного пути. Труды АКХ, вып. 35. Л., 1965.

27. Хиценко В. В. Эксплуатация трамвайных путей на железобетонных шпалах. М., Стройиздат, 1971.

28. Григорян В. Г., Хиценко В. В. Вопросы исследования безопасности движения подвижного состава скоростного трамвая. Труды АКХ, вып. 92. Л., Стройиздат, 1974.

29. Шперлинг. Новые данные о движении вагонов. — «Эйзенбантехнике Рундшау», 1956, № 7.

30. Экспресс-информация «Городской транспорт». М., ВИНТИ, 1973, № 17, 27, 41, 48; 1974, № 5, 11, 13, 22, 29, 33, 45; 1975, № 4, 5, 11, 12, 16, 17, 18, 22, 26, 27, 28, 33, 41; 1976, № 6, 7, 19, 20, 22.

31. Метрострой. Информационный научно-технический сборник. Изд-во «Московская правда», 1973, № 7; 1975, № 1.

32. Временные технические условия проектирования экспериментальных линий скоростного трамвая, т. I. М., МЖКХ РСФСР, Гипрокоммундортранс, 1966.

33. Технические указания по проектированию и сооружению пути скоростных линий трамвая, ГТ-101. Утверждены ГУГЭТ МЖКХ РСФСР. Л., ЛНИИ АКХ, 1971.

34. Технические указания по эксплуатации пути скоростных линий трамвая, ГТ-112. Утверждены ГУГЭТ МЖКХ РСФСР. Л., ЛНИИ АКХ, 1972.

35. Технические указания по сооружению и содержанию бесстыковых трамвайных путей на открытых участках, ГТ-97. Утверждены МЖКХ РСФСР. Л., ЛНИИ АКХ, 1967.

36. Коврига В. П. Из опыта технико-экономического обоснования выбора оптимального варианта развития городского пассажирского транспорта. Труды ИКТП при Госплане СССР, вып. 2. М., 1966.

37. Бондаревский Д. И., Черток М. С., Пономарев А. А. Трамвайные вагоны РВЗ-6М2 и КТМ-5М3. М., «Транспорт», 1975.

38. Городской скоростной пассажирский транспорт (под общ. ред. Самойлова Д. С., учебное пособие). М., «Высшая школа», 1975.

	Стр.
Предисловие	3
Глава I. Скоростной трамвай в системе городских пассажирских сообщений	5
§ 1. Основные технико-экономические характеристики скоростного трамвая	5
§ 2. Развитие городов и рост пассажирских перевозок	14
§ 3. Область применения скоростного трамвая	19
Глава II. Опыт применения скоростного трамвая	27
§ 4. Особенности применения скоростного трамвая в отдельных странах	27
§ 5. Скоростные линии трамвая с подземными участками, намечаемые к переоборудованию в линии метрополитена	31
§ 6. СЛТ с подземными участками, преобразуемые в городские железные дороги	44
§ 7. Эксплуатация скоростного трамвая на линиях метрополитена	56
§ 8. СЛТ с подземными участками, не намечаемые к переустройству в линии метрополитена	63
§ 9. СЛТ без подземных участков	70
Глава III. Подвижной состав скоростного трамвая. Энергоснабжение	78
§ 10. Общая характеристика вагонов, эксплуатируемых на СЛТ	78
§ 11. Планировочные характеристики и оборудование вагонов, обеспечивающие комфортабельность проезда	82
§ 12. Конструктивные особенности подвижного состава при наличии на СЛТ подземных участков	102
§ 13. Ходовые части и поддрессирование вагонов	106
§ 14. Энергоснабжение и электрооборудование подвижного состава	109
§ 15. Тенденции в совершенствовании вагонов скоростного трамвая	112
Глава IV. Путь скоростного трамвая	113
§ 16. Расположение путей СЛТ относительно городских дорог	113
§ 17. Конструкции верхнего строения и основания пути	118
§ 18. Устройство колеи на прямых и кривых участках СЛТ	136
Глава V. Условия безопасности движения и комфортабельности поездок на СЛТ	139
§ 19. Безопасность движения на СЛТ	139
§ 20. Комфортабельность поездки и защита от шума и вибраций	143
Глава VI. Остановочные пункты наземных СЛТ	145
§ 21. Типы остановочных пунктов и станций и их размещение	145
§ 22. Конечные пункты СЛТ	147

	Стр.
Глава VII. Тоннели и подземные станции скоростного трамвая . . .	150
§ 23. Тоннели на СЛТ	150
§ 24. Устройство пути в тоннеле	158
§ 25. Промежуточные подземные станции скоростного трамвая	160
§ 26. Подземные пересадочные узлы	164
Глава VIII. Вопросы организации движения на линиях скоростного трамвая	167
§ 27. Координация скоростного трамвая с другими видами городского транспорта	167
§ 28. Сигнализация и блокировка на СЛТ	171
§ 29. Порядок оплаты проезда на СЛТ	173
Заключение	174
Список литературы	176