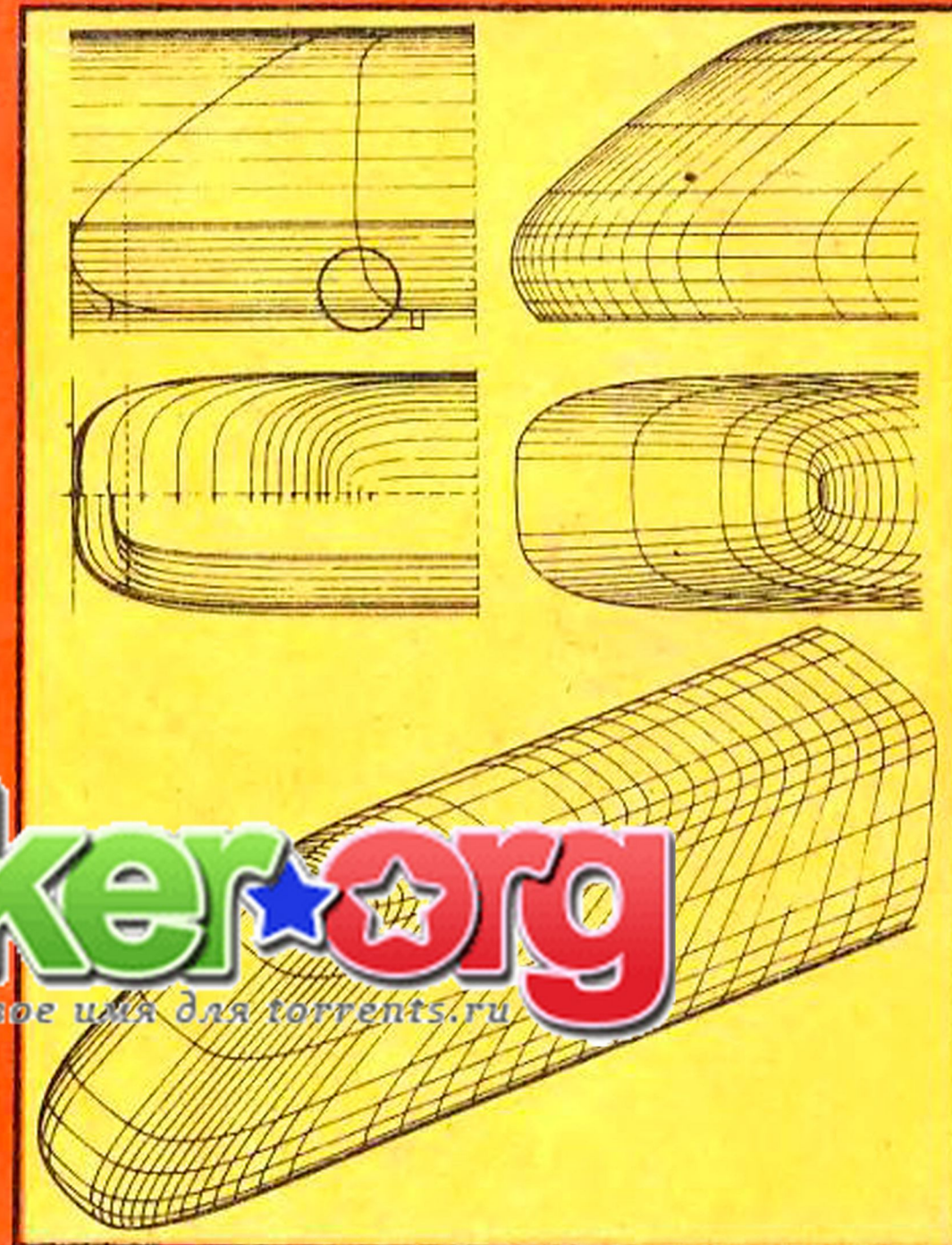


*Д. Габарда*



**rutracker.org**  
новое имя для torrents.ru



# НОВЫЕ ТРАНСПОРТНЫЕ СИСТЕМЫ



## В ГОРОДСКОМ ОБЩЕСТВЕННОМ ТРАНСПОРТЕ

*«Транспорт»*

expert22 для <http://rutracker.org>



**НОВЫЕ ТРАНСПОРТНЫЕ СИСТЕМЫ  
В ГОРОДСКОМ ОБЩЕСТВЕННОМ ТРАНСПОРТЕ**

**Doc. Ing. DUŠAN HABARDA, CSc.**

**NOVÉ  
DOPRAVNÉ  
SYSTEMY  
V MESTSKEJ HROMADNEJ  
DOPRAVE**

ALFA  
VYDAVATEĽSTVO TECHNICKEJ A EKONOMICKEJ LITERATÚRY  
BRATISLAVA

---

SNTL  
NAKLADATELSTVÍ TECHNICKÉ LITERATURY  
PRAHA

*Д.Габарда*

**НОВЫЕ  
ТРАНСПОРТНЫЕ  
СИСТЕМЫ  
В ГОРОДСКОМ  
ОБЩЕСТВЕННОМ  
ТРАНСПОРТЕ**

Перевод со словацкого

канд. техн. наук В. В. КОСМИНА



МОСКВА "ТРАНСПОРТ" 1990

SCANNED by E69 2008

**expert22** для <http://rutracker.org>



УДК 656.(21)

Габарда Д. **Новые транспортные системы в городском общественном транспорте:** Пер. со словац. — М.: Транспорт, 1990. — 216 с.

Освещен передовой опыт в области создания новых видов городского общественного пассажирского транспорта. Рассмотрены перспективные варианты традиционных систем: автобусы по вызову, троллейбусы с двумя видами приводных систем, а также принципиально новые непрерывные транспортные системы.

Для инженерно-технических работников городского транспорта, научных работников и конструкторов транспортных систем. Полезна специалистам, интересующимся развитием транспорта.

Рецензенты: В. Э. Фальк, Е. В. Чикин

Заведующий редакцией В. С. Калинин

Научный редактор канд. техн. наук В. А. Нестеров

Редактор Н. П. Красникова

Г 3204000000-190 2-90  
049(01)-90

ISBN5-277-00873-X

© Д. Габарда, 1986  
© Перевод на русский язык В. В. Космина, 1990  
© Предисловие, В. А. Нестеров, 1990



## ПРЕДИСЛОВИЕ НАУЧНОГО РЕДАКТОРА

Предложенная нашему читателю книга интересна в силу ряда причин, основной из которых является отсутствие в отечественной литературе обобщающей публикации на данную тему.

С ростом городов и социальных проблем их населения, ужесточением экологических требований к транспорту вообще, а к городскому в наибольшей степени, проблема внедрения новых скоростных, комфортных, производительных, экологически чистых видов транспорта становится чрезвычайно актуальной. Особенно актуальна эта проблема в крупнейших городах, транспортная активность населения которых в начале будущего века не может быть удовлетворена за счет сколь угодно интенсивного развития традиционных видов городского общественного транспорта.

Исследованные автором новые транспортные системы предназначены для повышения качества обслуживания городского населения, в то время как отечественный транспорт пока не может обеспечить количественную сторону пассажирских перевозок. Поэтому проблемы, отраженные в данной книге, актуальны не только в ближайшем, но и обозримом будущем.



К сожалению, частично материал книги успел устареть за время публикации, перевода и т. п., в то время как технический прогресс в области транспортной техники развивается достаточно быстрыми темпами, особенно в области автоматизированных систем управления движением и систем на магнитном подвешивании. Этой причиной объясняется, например, отсутствие в книге данных по разработке в ФРГ систем на электромагнитном подвешивании Transrapid 06 и Transrapid 07, достигших скоростей движения свыше 400 км/ч, и японской системы на электродинамическом подвешивании, достигшей рекордной скорости 517 км/ч.

Значительный интерес для читателей представит данная автором классификация городских транспортных систем по функциональным признакам. Такая классификация позволяет проектантам и научным работникам при выборе технических решений транспортных систем оптимизировать их основные параметры, основываясь на экономических критериях.

При переводе была сделана попытка сохранить для нашего читателя индивидуальность автора книги, т. е. стиль изложения и расположения материала, субъективная, в некоторых случаях, оценка ряда показателей.



## ОТ АВТОРА

Непрерывное развитие городов во всем мире вынуждает специалистов в области создания транспортных средств и работы городского общественного транспорта рассматривать новые транспортные системы, которые бы повышали уровень транспортной обеспеченности пассажиров.

В течение 150 лет господствовал рельсовый транспорт, который соединял города между собой. В 90-х годах прошедшего века начал постепенно развиваться городской общественный транспорт. Он прошел путь от фиакров и карет до конки и трамвая\*.

От начала текущего столетия до 40-х годов перевозки пассажиров обеспечивались главным образом трамваями, метрополитеном, троллейбусами и частично индивидуальными автомобилями. В этот же период разрабатывали и изредка применяли новые транспортные системы. После второй мировой войны постепенно развивались новые, комбинированные, по частично классические транспортные системы. Возникли гибридные системы трамвай—метро, соединив-

---

\* Первый трамвай пущен в Германии в 1881 г. (прим. науч. ред.).



шие подземные пути метро. Трамвайные линии в центральной части города укладывали ниже уровня земли и т. п. Наряду с этими системами, в том числе комбинированными, постепенно создавались системы, получившие название новых транспортных систем.

Вначале это были высокопроизводительные транспортные средства с нетрадиционными несущими и тяговыми устройствами. Например, подвижной состав парижского метрополитена с пневматическими колесами, движущимися по специальным путям, или другой известный подвижной состав для общественного транспорта в городах — на пневматических колесах, движущихся по специальным бетонным или металлическим направляющим. Позднее появились транспортные средства на изолированных путях, управляемые автоматически с помощью вычислительной техники и имевшие различные размеры.

К концу 70-х годов было опробовано более 500 типов таких систем с разной степенью развития. Множество транспортных систем необходимо было классифицировать на отдельные группы. В данной публикации новые транспортные системы на основе зарубежного опыта разделены на пять групп. Рассматриваются не все системы, используемые в городском общественном транспорте, а лишь те, которые относятся к новым транспортным системам городского общественного транспорта. Публикация призвана информировать общественность о том, как такие системы воспринимать, как их использовать в городском общественном транспорте.

При подготовке данной публикации автор использовал отечественные и зарубежные источники информации.

# **1. ИНФОРМАЦИЯ О НОВЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМАХ В ГОРОДСКОМ ОБЩЕСТВЕННОМ ТРАНСПОРТЕ**

## **1.1. ВВЕДЕНИЕ**

За прошедшие 20 лет развитие городов ускорилось, увеличилась их площадь и численность населения. Города растут быстрее, чем перед второй мировой войной. Транспорт является неотъемлемой частью городов, без которой их развитие и само существование невозможно представить.

Транспорт в городах обычно делят на городской общественный транспорт (ГОТ), индивидуальный транспорт (ИТ) и индивидуальный автомобильный транспорт (ИАТ).

Индивидуальными автомобилями можно пользоваться в любое время и непосредственно от пункта отправления до пункта назначения. При этом поездка удобная и приятная. Эти особенности способствуют расширению использования автомобилей.

Классические средства ГОТ используют отдельные постоянные пункты и линии и движутся в соответствии с графиком. Расстояния в пространстве и времени, преодолеваемые с помощью общественного транспорта, предопределяются прежде всего хозяй-



ственными соображениями. Если пассажир хочет воспользоваться общественным транспортом, он должен дойти до остановки этого транспорта, подождать, иногда совершить пересадку с одного вида транспорта на другой, а от конечной остановки добраться до цели пешком.

В противовес преимуществам индивидуального автомобиля, который широко используется для поездок в городских агломерациях, выступают экономические аспекты, основанные прежде всего на обеспечении ширины улиц, необходимой для проезда и стоянки автомобилей. Речь идет о переменных и постоянных площадях города. К экологически негативным вопросам в городской агломерации примыкают проблемы ухудшения окружающей среды (прежде всего множества вредных веществ в выхлопных газах и высокий уровень шума).

В будущем, как и в настоящее время, ГОТ будет обеспечивать безопасные и надежные перевозки пассажиров при изменяющихся потребностях в транспорте.

Подвижной состав ГОТ в меньшей степени нуждается в переменных и постоянных площадях для своего функционирования, чем индивидуальные транспортные средства. Еще одним преимуществом ГОТ являются более высокие пропускная (транспортных средств/ч) и провозная (пассажиров/ч) способности. Если транспортное средство имеет электрическую тягу, к этим преимуществам ГОТ прибавляется тот факт, что оно практически не выделяет вредных веществ. Достоинством транспортных средств ГОТ является меньшая потребность в энергозатратах на пассажиро-километр (Вт·ч/пассажиро-км).

Чтобы обеспечить успешное использование новых транспортных систем для перевозки пассажиров, необходимо в максимально возможной мере сочетать преимущества общественных и индивидуальных транспортных систем и одновременно исключить их недостатки. Такое сочетание является основной целью внедрения новых транспортных систем. Это означает, что речь идет не только о замене автомобиля новым транспортным средством, а «...о том, чтобы в районах, где неограниченное использование автомобилей приносит значительные неприятности обществу и где потребуется существенное ограничение автомобильных перевозок, были рассмотрены эффективные ...транспортные альтернативы, способные выполнить транспортную работу, вытекающую из функций города (работа, проживание, просвещение, развлечения), и удобные для удовлетворения потребностей людей» [15].

По данным проблемам высказывалась группа специалистов Европейской экономической комиссии ООН (1973 г.): «При планировании городского транспорта часто желательно не приспособлять транспортную сеть к индивидуальным потребностям, а наоборот, следует направить, создать, заменить или ограничить индивидуальные потребности в свете краткосрочных или долгосрочных целей». И далее: «Чтобы можно было реализовать политически желательное разделение задач между индивидуальным и общественным транспортом, необходимо выполнить определенные требования в отношении привлекательности обоих видов транспорта. Это может случиться, например, когда преимущества общественного транспорта повышаются за счет качества предоставляемых услуг или ограничением индивидуальных поездок».



В дальнейшем определим новую транспортную систему, некоторые основные требования и разделим их на основные группы в зависимости от времени и рассматриваемой системы.

## **1.2. НОВЫЕ ТРАНСПОРТНЫЕ СИСТЕМЫ — ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОНЯТИЙ**

Новые транспортные системы для ГОТ в некоторых литературных источниках определяются как нетрадиционные транспортные системы. При освещении этих понятий исходим из нескольких источников. В Чехо-Словацком государственном стандарте 01 8500 (статья 63 «Специальный транспорт») приводится определение: «Это транспорт, в котором использованы в определенных целях специальные транспортные средства».

При этом в цитируемом документе (статья 1) транспорт определен как:

совокупность операций, реализующих движение (езда, плавание, полет и т. п.) транспортных средств (статья 16) по путям сообщения (статья 101) и перемещение людей и предметов транспортными средствами или транспортными устройствами (статья 17); самостоятельная отрасль народного хозяйства.

В статье 101 говорится, что транспортный путь — это наземная площадка, подземное, углубленное или воздушное пространство, используемое в перевозках.

Проф. Петровский определяет транспортное средство как техническое средство, с помощью которого осуществляется движение. Дорога определяется как путь сообщения для направленного движения транспортных средств по полосе земной поверхности, рельсовым путям, канатам и т. п.

В сопоставлении с классической железной дорогой, наверное, наилучшим определением новых систем (нового транспорта) является следующее:

Как и классический транспорт, характеризуемый тем, что кузов транспортного средства опирается через ходовые части на колесную пару с металлическими колесами и металлическими бандажами, движущимися по двум металлическим направляющим, новый вид транспорта отличается одним или несколькими признаками:

вместо опирания — подвешивание,  
вместо колесной пары — одно колесо,  
вместо металлических колес — резиновые колеса,  
вместо металлических бандажей — направляющие ролики,

вместо двух — другое число рельсовых нитей,  
вместо металлических — деревянные, бетонные и другие направляющие,

вместо металлических направляющих — колеса (направляющие ролики).

На основе этого анализа новый вид транспорта — это такой транспорт, при котором соответствующее транспортное средство передвигается или перемещается способом, отличающимся от традиционного. В этом определении встречаемся с такими выражениями, как дорога, транспорт, но нет речи о транспортной системе. Это определение неточное в отношении автобусных систем и комбинированных транспортных систем.

Из определения в [4, 5] вытекает, что существенная часть городских и пригородных рельсовых систем классическая.



После определения новой транспортной системы приведем требования, которые к ней предъявляются, совокупность достоинств и недостатков по сравнению с ГОТ и ИТ.

### **1.3. ТРЕБОВАНИЯ К НОВОЙ ТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЕ**

При оценке, разработке и формулировке важнейших требований к транспортной системе (в том числе новой) можно все положительные свойства определить следующим образом.

#### *1. Общие требования пассажиров.*

1.1. Высокая маршрутная скорость (1.6) и скорость движения (1.5) в обслуживаемом районе, экономия времени в пути, регулярность отправления, снижение продолжительности поездки.

1.2. Высокая провозная способность (3.5) и возможность выдержать перегрузки в часы «пик» (3.6).

1.3. Снятие части потока с перегруженных линий.

1.4. Малые площадки для размещения путей и малые радиусы кривых. Оптимальное использование территорий.

1.5. Уменьшение влияния следующих факторов на скорость движения, назначенное удобное время отправления: время прибытия на станцию и отправления со станции, местоположение и частота размещения станций (1.6), время ожидания, время на посадку, высадку и пересадку, время в пути и время в движении, время на стоянке.

1.6. Увеличение числа остановочных пунктов, повышение числа соединительных связей, прямизна пу-

ти к цели, свобода расположения в городах (3.8), отклонения, вызванные начертанием сети, индивидуальный выбор маршрута.

1.7. Информированность об изменениях в движении, определенное время прибытия и отправления, оперативность информации.

1.8. Ликвидация социальных ограничений.

1.9. Повышение транспортного и общего уровня комфорта.

*2. Экономические требования.*

2.1. Низкие удельные капитальные вложения (на единицу площади, одно место и т. п.).

2.2. Низкие затраты на перевозки и личные затраты пассажира.

2.3. Низкие затраты на текущее содержание и ремонт.

2.4. Граница рентабельности при низком уровне использования подвижного состава.

2.5. Высокая эффективность.

2.6. Уменьшение угрозы окружающей среде.

2.7. Минимизация потребности в рабочей силе (3.9).

2.8. Возможность автоматизации перевозок.

2.9. Возможность интеграции с существующими транспортными системами.

*3. Эксплуатационные требования.*

3.1. Усиленная охрана окружающей среды в городе. Противошумная защита (4.5) и предохранение от загрязнения атмосферы, низкий уровень шума в подвижном составе и вне его, исключение выхлопа газов.

3.2. Безопасность пассажиров, высокая безопасность движения, снижение тяжести увечий.

3.3. Исключение загрязнения окружающей среды продуктами истирания резины.

3.4. Автоматизация перевозок.

3.5. Высокая плотность движения (1.2).

3.6. Обеспечение перевозок в часы «пик» (1.2).

3.7. Интеграция с другими транспортными системами (в том числе существующими) в зависимости от структуры города.

3.8. Способность гибко реагировать на изменение жилых структур города (1.6).

3.9. Возможность перехода на частичную или полную автоматизацию движения.

3.10. Возможность обеспечения работы даже в аварийных условиях.

*4. Физиологические требования.*

4.1. Благоприятные условия поездки, достаточно число мест для сидения, комфортабельное оборудование.

4.2. Защита пассажиров во время поездки от неблагоприятных атмосферных воздействий.

4.3. Оптимальные условия при разгоне и торможении (ускорение и замедление, а также изменение ускорения во времени). Хорошие условия движения (4.5).

4.4. Достаточность места для багажа и детских колясок.

4.5. Физиологические удобства, микроклимат, звукоизоляция (3.1), минимальная тряска (4.3), эстетическая отделка салона.

*5. Архитектурные, градостроительные и строительные требования.*

5.1. Удобный ввод в старые и новые города, гармоничное включение новых систем в архитектурный образ города.



5.2. Короткие сроки строительства.

5.3. Гибкость системы адаптации к изменяющимся транспортным связям.

5.4. Решение проблемы стоянок.

5.5. Возможность использования и урбанизации территорий без обширных вмешательств в существующую застройку.

5.6. Меньшие потребности в городской территории.

Выполнение перечисленных требований создаст преимущества общественному транспорту в городах. Повысится привлекательность, улучшится уровень обслуживания пассажиров. Строительство транспортных сооружений в городах в финансовом отношении менее дорогостоящее, чем возведение сложных транспортных систем и стоянок для индивидуальных транспортных средств.

Удобное сочетание проектируемых транспортных систем может обеспечить оптимальное использование транспорта. В городах с высокой концентрацией населения можно так представить себе транспорт будущего:

на ближние расстояния пассажиры будут пользоваться *движущимися тротуарами* со скоростями 10—16 км/ч;

на более далекие расстояния будут использоваться *подземные дороги* со скоростями движения 30—40 км/ч. Посадка и высадка будет производиться с помощью тротуаров, движущихся с переменной скоростью (от скорости транспортного средства до малой скорости посадки-высадки);

индивидуальные поездки в городе будут обеспечивать *такси самообслуживания* (электромобили, движущиеся по дорогам, проложенным, например, вы-

ше уровня земли, автоматически управляемые и при необходимости соединяемые в поезда, движущиеся по главным маршрутам под управлением ЭВМ);

перевозка пассажиров на большие расстояния будет обеспечиваться *кабинными системами большой вместимости с электрической или пневматической тягой*, возможно, речь пойдет о трубопроводном пневмотранспорте, причем скорости будут достигать 80 км/ч.

Такое представление о транспорте в настоящее время является утопическим, хотя отдельные его элементы уже существуют.

#### **1.4. ЗАМЕЧАНИЯ К РАЗВИТИЮ НОВЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ**

В данном разделе подробно описываются некоторые транспортные системы. В историческом аспекте их можно разделить на три временные группы.

1. До первой мировой войны появилось несколько проектов экспериментальных транспортных систем, часть из которых эксплуатируется до сих пор. Это монорельсовые дороги. Подвижной состав подвесной. В качестве тяговых средств используются электродвигатели. В эксплуатацию введены в начале столетия.

2. Вторая временная группа включает транспортные системы, запроектированные и испытанные в период между первой и второй мировыми войнами. Самыми известными являются транспортные средства на пневматических шинах, движущиеся на новых (а иногда и классических) дорогах (рис. 1.1).

3. В третью временную группу входят новые транспортные системы, созданные после второй мировой

войны. Речь идет о высокопроизводительных транспортных средствах, таких, как Skyway (рис. 1.2), Alweg, Safage (рис. 1.3), вагоны парижского метро и др. Позже появились малые комбинированные системы, движущиеся тротуары, транспорт на воздушной подушке, автобусы на комбинированном ходу и др.

Почему проектируют, испытывают и почему внедряют новые транспортные системы? Часто утверждают, что проектируемые транспортные системы повышают технический уровень и скорости транспорта, но тому мало доказательств.

Для лучшей ориентации разделим все множество разных типов новых транспортных средств классических и новых транспортных систем на семь главных групп.

**Малые кабины** (см. раздел 3.1). Транспортная система с малыми кабинами управляется автоматически, кабина движется по направляющим. В кабине до пяти мест для сидения, организация движения основывается на свободном выборе маршрута.

**Большие кабины** (см. раздел 3.2). Транспортная система с большими кабинами управляется автоматически, кабина вмещает до 40 пассажиров, движется по специальному пути. Организация движения — маршрутная или по требованию, иногда смешанная.

**Транспортные средства с большими салонами, классические городские транспортные пути сообщения.** Они движутся по направляющей путевой структуре. Вместимость их более 30 пассажиров. Организация движения — чисто маршрутная.

**Автобусы.** Сюда входят троллейбусы, электробусы и автобусы с гидравлической передачей. Организация движения — маршрутная. Автобусы с другой организацией движения в данную группу не входят.



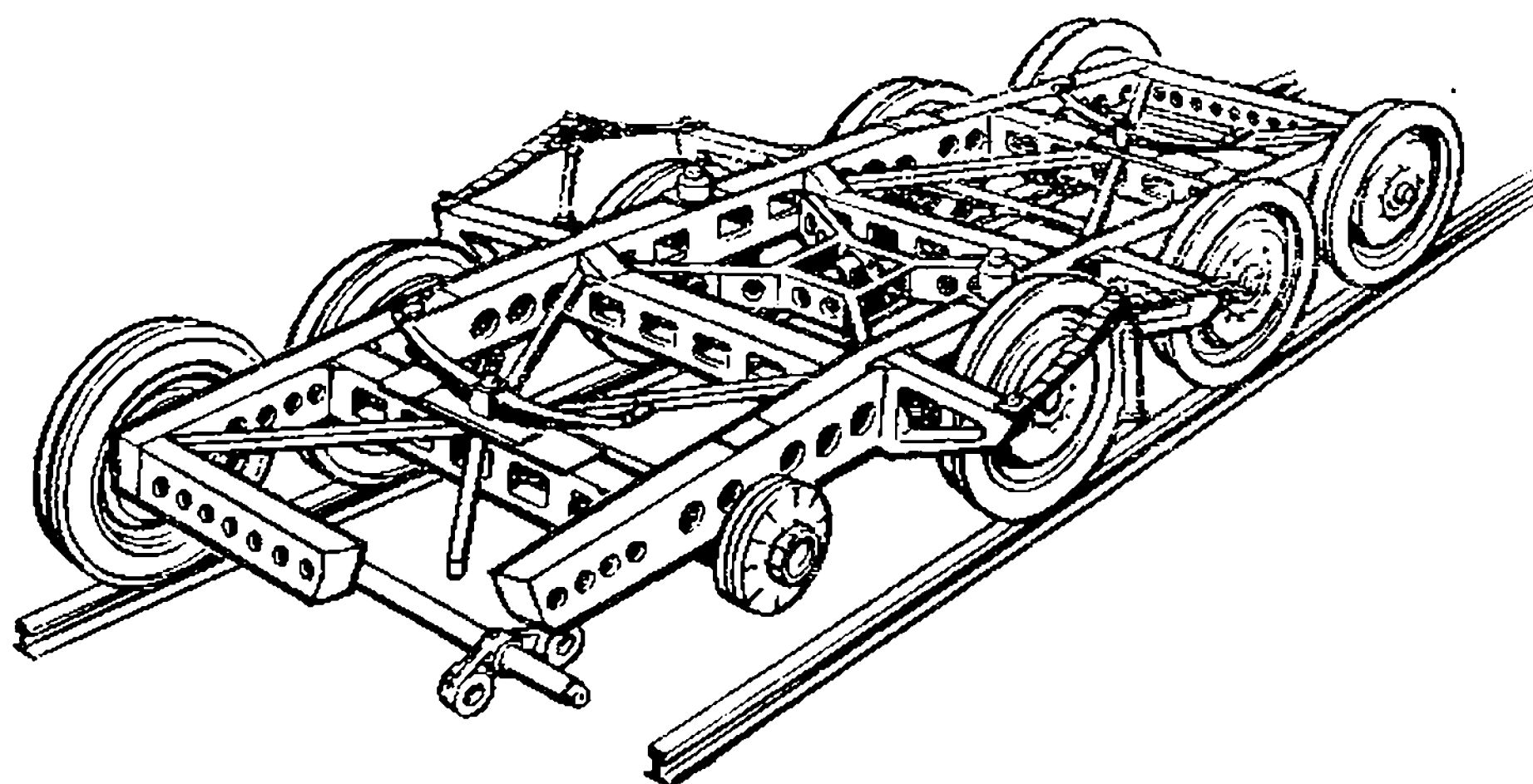


Рис. 1.1. Конструкция ходовой части вагона Michelin на пневматическом ходу для классической железной дороги

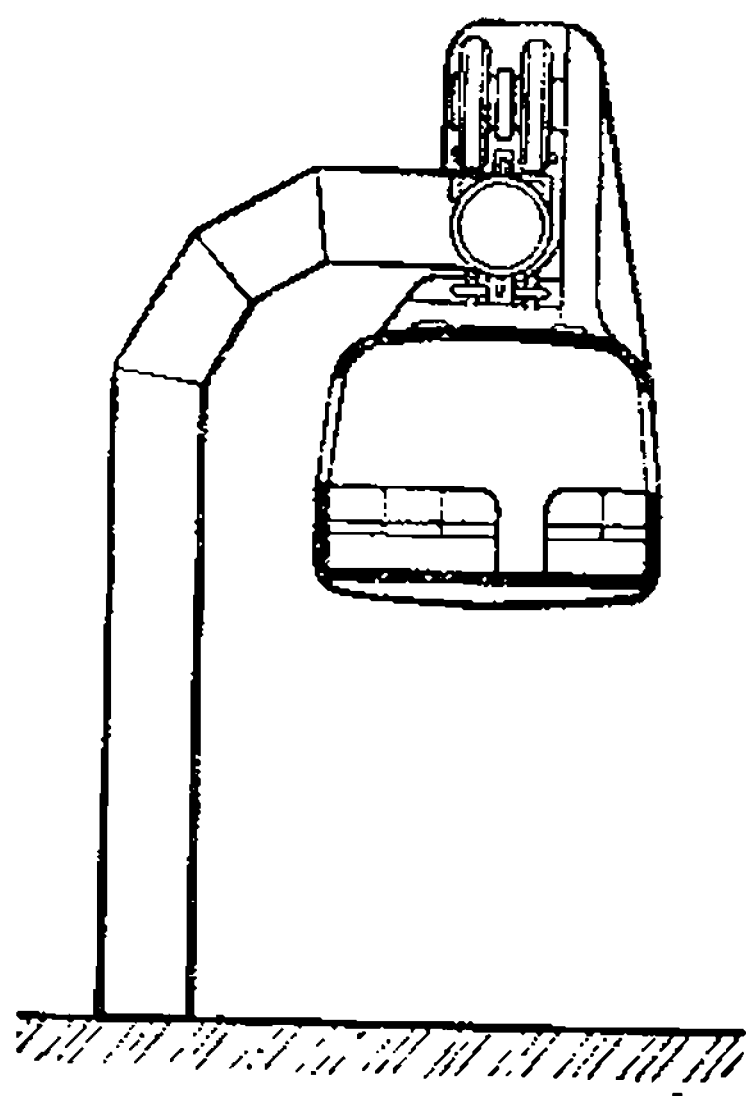


Рис. 1.2. Принципиальная схема системы Skyway

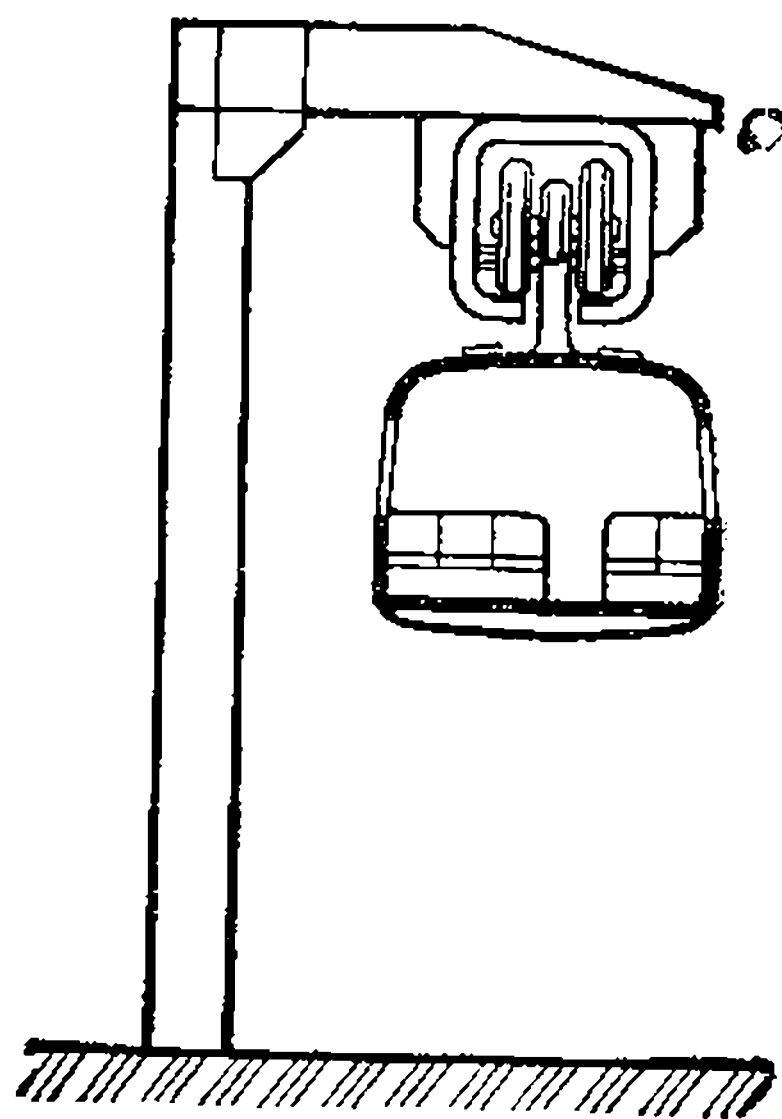


Рис. 1.3. Принципиальная схема системы Safage

**Вызывные автобусные системы, автобусы по запросу и по требованию** (см. раздел 3.3). С помощью вызывной системы при изменяющейся потребности обеспечивают перевозку пассажиров «от двери до двери».

**Автобусы на комбинированном ходу** (см. раздел 3.4). Речь идет о перевозке пассажиров городским общественным транспортом в автобусах, которые передвигаются по обычной уличной сети или по путям, со специальным оборудованием на автобусах.

**Непрерывные транспортные системы, безостановочные транспортеры, движущиеся тротуары** (см. раздел 3.5). Пассажиры едут стоя или сидя.

Системы транспортных групп можно разделить в отношении условий использования при перевозке пассажиров в городах. Удобство новых транспортных средств можно оценить в зависимости от возможности использования новых форм перевозок людей, технических условий на правильное или удобное использование в соответствующей агломерации, определенное влияние новых форм транспорта на градостроительные и транспортные структуры города.

Найдет применение лишь та система транспорта, которая станет привлекательной в городском общественном транспорте и тем возьмет на себя функции автотранспорта, исключит пересадки и т. п. До сих пор ни одна новая транспортная система, наперекор частичным успехам в комплексе проблем городского общественного транспорта, не в состоянии полностью заменить классические транспортные системы.

Из этого следует вывод, что новые транспортные системы можно разделить по способу организации движения, по сфере использования или по способу эксплуатации. Многие из этих систем различаются в деталях, многие имеют общие свойства.

## **2. ТЕХНИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ НОВЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ В ГОРОДСКОМ ОБЩЕСТВЕННОМ ТРАНСПОРТЕ**

### **2.1. ХАРАКТЕРНЫЕ ПРИЗНАКИ НОВЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ**

Многие новые транспортные системы проектировали, испытывали, а иногда, и эксплуатировали уже в начале текущего столетия. Наиболее стремительное развитие новых транспортных систем отмечено в последнее десятилетие или двадцатилетие.

Новые системы связаны с новой технологией перевозок, новыми электрическими и электронными системами, новыми материалами и новыми устройствами, используемыми в организации перевозок.

Усиливающаяся тенденция развития новых и классических транспортных систем, возможное сочетание новых систем городского транспорта при обеспечении перевозок пассажиров в городах тесно связаны с особенностями общественного и индивидуального транспорта.

Внедрение новых транспортных систем в эксплуатацию — это не только вопросы конкуренции между индивидуальным и общественным транспортом, но и повышение скорости, безопасности, комфорта, экономичности и охрана окружающей среды.

Проблематика новых систем связана с новыми

более совершенными путями сообщения, экономией энергоресурсов, вычислительной техникой, микропроцессорами и т. п.

## **2.2. НАПРАВЛЕНИЯ РАЗРАБОТКИ НОВЫХ И КЛАССИЧЕСКИХ ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ**

Проектирование, разработка и эксплуатация новых транспортных систем ведутся с тех пор, как появился рельсовый транспорт. Параллельно с развитием классического транспорта все больше и больше проектируют и испытывают новые транспортные системы. Можно однозначно утверждать, что увеличение числа требований к перевозкам приводит к разработке новых транспортных систем.

В связи с установившейся тенденцией развития городов в перспективе будет происходить соответствующий рост городских и пригородных перевозок. Это развитие повлечет за собой создание различных типов транспортных систем, прежде всего на электрической тяге. На основе имеющегося опыта можно утверждать, что развиваться будет и индивидуальный транспорт.

Необходимо отметить, что определение путей развития ГОТ и прогнозирование индивидуального транспорта в городах затруднительно. В специальной литературе появляются утверждения, что прогнозирование ГОТ менее надежно, чем прогнозирование грузовых перевозок, особенно дальних. В качестве аргумента приводят утверждение, что развитие личного транспорта в городах зависит от затрат на перевозки, цен на бензин, нефть, электричество, а также от стоимости парковки, стоимости разрешения на въезд в город и других экономических факторов, например,



связанных с охраной окружающей среды. Зависит онс также от возможной конкуренции общественного и индивидуального транспорта.

Одновременно нужно практиковать деление личного транспорта на отдельные системы, как классические, так и новые, которые постепенно будут внедряться в эксплуатацию. Некоторое уменьшение трамвайных и автобусных перевозок, особенно в центральной части городов, будет компенсироваться другими транспортными системами, например метрополитеном, подземным трамваем, скоростным рельсовым транспортом или же новыми (нетрадиционными) транспортными системами.

Точно сформулировать особенности, которыми будет характеризоваться развитие транспортных систем, затруднительно. Они зависят от площади города, типа существующей транспортной системы, планирования и финансирования капитальных вложений в транспорт. В отношении новых транспортных систем необходимо учитывать рост населения. До настоящего времени нет доступного средства общественного транспорта, которое бы по своим качествам превосходило автомобиль.

Специалисты по транспорту и многие международные транспортные организации уделяют этой проблематике исключительное внимание. На 6-м заседании рабочей группы по градостроительству и районным планировкам СЭВ, проходившем в 1974 г. в Будапеште, этот вопрос привлек к себе большое внимание. В материалах заседания отмечается, что необходимо систематически прогнозировать потребности на перспективу. Соответствующее научно обоснованное прогнозирование на 25—30 лет требует, чтобы в рамках СЭВ и в дальнейшем исследовались во-

просы модернизации существующих и создания новых транспортных средств, их использования, охраны окружающей среды, а также совершенствования методов расчета перевозок. Заниматься новыми транспортными системами необходимо еще и потому, что к 2000 г. до 80% населения мира будет проживать в городах.

Такое предполагаемое развитие городов согласовывается с их планировкой, которая должна быть увязана с новыми транспортными системами, особенно потому, что иначе индивидуальные транспортные средства потребуют постоянно растущих площадей на улицах и их уширения для устройства новых мест стоянки автомобилей. Тяготение к индивидуальному транспорту потребует крупных капитальных вложений, а одновременно с его расширением ухудшится окружающая среда и вся градостроительная обстановка в городе.

Таковы основные аргументы в пользу того, что на смену индивидуальному должен прийти современный общественный транспорт. Основные требования к новым транспортным системам изложены в разделе 1.3.

Лишь существенное ограничение индивидуального транспорта в центрах городов может эффективно помочь их оздоровлению. В материалах 6-го заседания рабочей группы по градостроительству и районной планировке СЭВ отмечено: «Для оздоровления городской среды уже в настоящее время необходимо разработать и передать в массовое производство транспортные средства с новыми типами двигателей... в первую очередь электромобили... автобусы на сжиженном газе...».

Вопросами новых транспортных систем необходи-

мо заниматься потому, что столетний срок службы зданий и городских структур в сравнении с относительно быстрым прогрессом в сфере создания новых и усовершенствованных способов перевозок и новых технических принципов может стать существенной преградой для будущего прогресса при решении транспортных и градостроительных проблем при реконструкции городов.

Во вводной части отмечено большое число новых транспортных систем. Покажем условия, когда соответствующая транспортная система может конкурировать с индивидуальным транспортом. Чтобы можно было нагляднее их обсуждать, в разделе I мы их разделили на пять и семь групп. Для этого выделены их основные характерные особенности. Деление имеет свой смысл, поскольку невозможно подробно ознакомиться со всеми новыми транспортными системами, проекты которых к настоящему времени предложены, разработаны или испытаны. Из большого числа систем очень немногие регулярно перевозят пассажиров.

Далее описывается несколько способов сопоставления транспортных систем ГОТ. Схема перехода от классических транспортных систем к упомянутым пяти новым транспортным группам показана на рис. 2.1. Речь идет о типологии основных групп городских транспортных систем. В центре, между классическими и новыми транспортными системами, показаны главные направления развития, определяющие возможные варианты. Сплошными утолщенными линиями обозначены транспортные средства, которые не связаны с определенными типами дорог. Штриховые линии обозначают те транспортные средства, которые связаны с определенными путями сообщения.

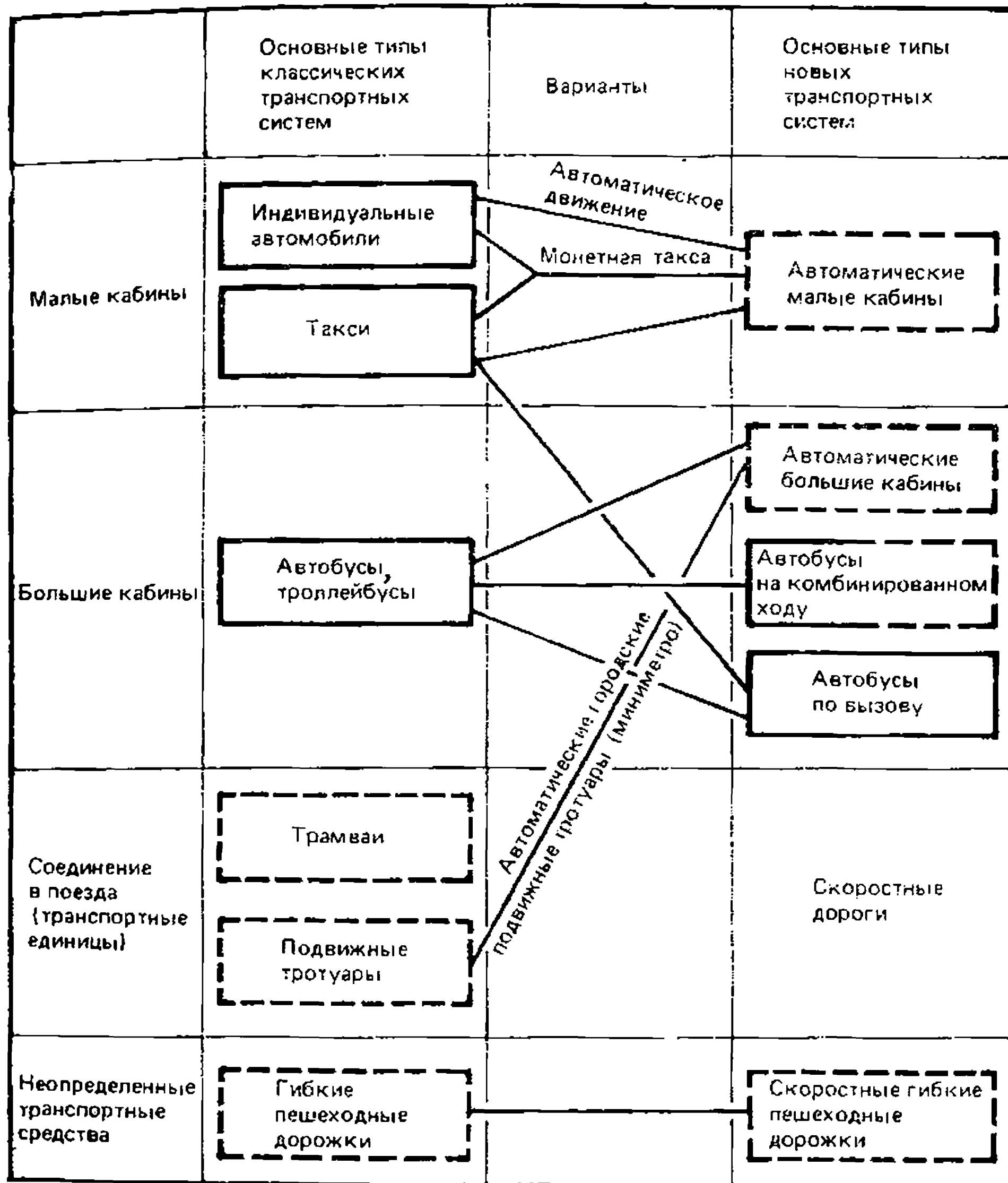


Рис. 2.1. Направления развития транспортных систем городского транспорта



, Деление классических и новых транспортных систем по четырем критериям на связанные или не связанные с путями сообщения (например, рельсовыми) и связанные или не связанные с графиком движения показано на рис. 2.2, где намечены возможные варианты, которые можно себе представить\*.

Другой важный вопрос при сравнении классических и новых транспортных средств — это взаимосвязи в развитии в отношении перемещения в пространстве и времени (рис. 2.3). Из этого рисунка следует, что транспортные системы с большими кабинами занимают промежуточное место между классическими транспортными системами и системами с малыми кабинами. Видно, что на транспортных системах с малыми кабинами развитие не остановилось а перешло к системам с большими кабинами. Но они все же не обладают такой же провозной способностью, как классические рельсовые системы. Такие системы не могли и не могут заменить высокопроизводительные классические транспортные системы.

Новые, а также классические транспортные системы (однородных групп) можно разделить на три категории: системы с подвижным составом, зависящим от типа пути; системы на комбинированном ходу; системы, не зависящие от типа пути.

Согласно мнению некоторых специалистов транспорта, речь идет о важном разделении новых транспортных систем. В зависимости от заданных целей и условий их можно разделить согласно рис. 2.4. Это *системы, связанные с путями сообщения* (большие и малые кабины, контейнерные системы и движущие-

---

\* С классификацией автора не во всем можно согласиться. Например, трудно представить безрельсовый автоматический метрополитен (прим. науч. ред.).

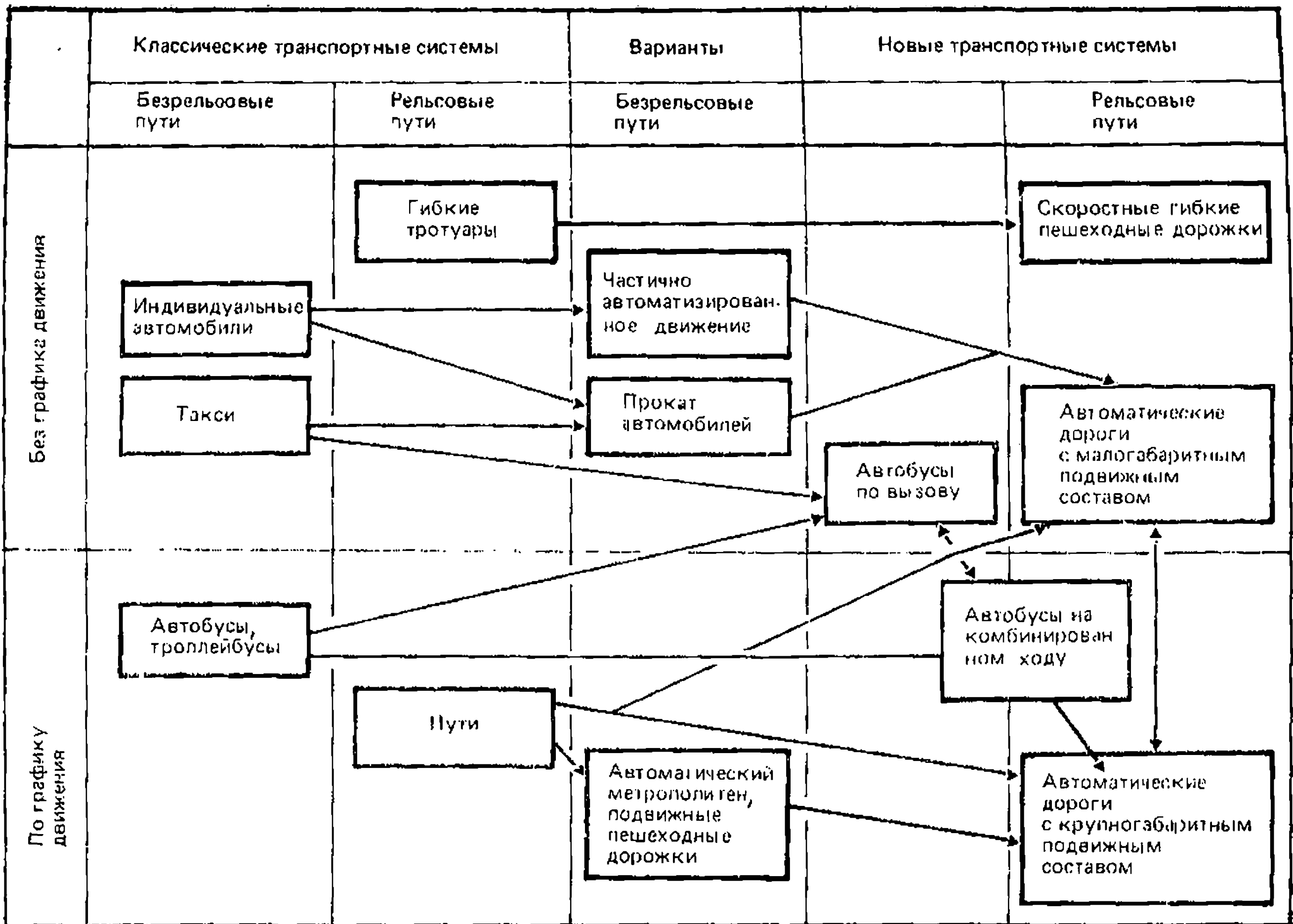


Рис. 2.2. Технические и эксплуатационные взаимосвязи классических и новых городских транспортных систем

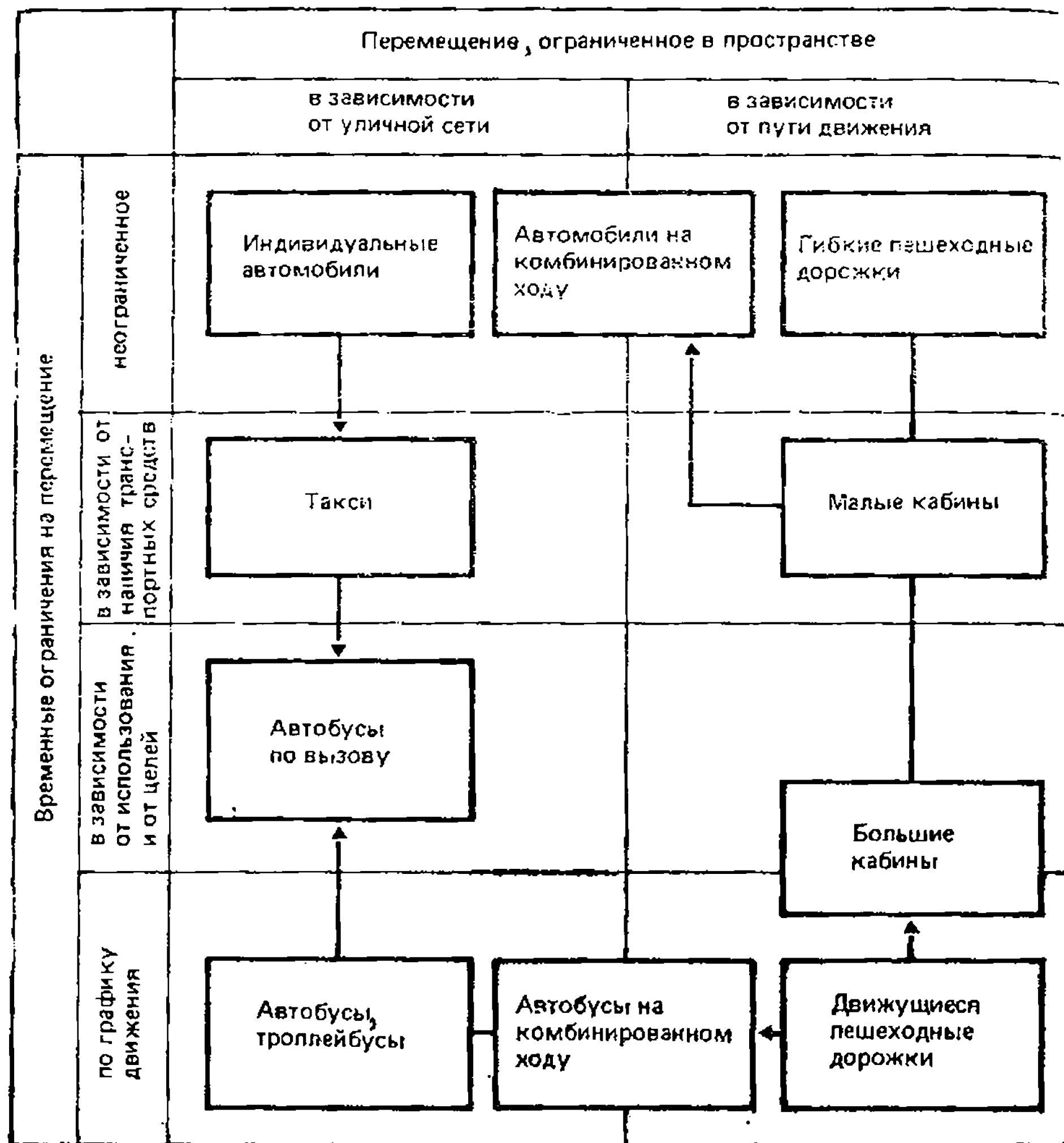


Рис. 2.3. Взаимосвязи развития классических и новых транспортных систем во времени и пространстве перемещения пассажиров

ся тротуары, в том числе транспортеры); системы на комбинированном ходу (автомобили на комбинированном ходу и автобусы такого же типа); системы, не связанные с определенными путевыми структурами (их разделяют на автобусы по заявкам и самостоятельно передвигающиеся такси).

Три категории транспортных систем оцениваются по сравнительным возможностям выполнения намеченных целей и сопоставляются с важнейшими требованиями классических и индивидуальных транспортных систем. Речь идет о некоторых требованиях, приведенных в разделе 1.3. Они создают лишь основу развития новых транспортных систем. Указанные частичные цели служат критерием для их оценки. При оценке в первую очередь учитываются преимущества использования систем общественного транспорта и критерии их отношения к окружающей среде в сопоставимом аспекте с индивидуальным транспортом.

На рис. 2.4 показаны возможности осуществления намеченных целей при сравнении новых и классических транспортных систем. В 70-х годах при крайне неясной перспективе разрабатываемых транспортных систем на комбинированном ходу и с двойным способом управления этот вид транспортных средств имел очень мало шансов на осуществление поставленных целей. Несмотря на это в настоящее время это направление преимущественное. Первоначально предполагалось лучшее применение пассажирских транспортных средств, особенно в сравнении с индивидуальными транспортными средствами.

При оценке не учитывались экономические аспекты, уровень разработанности, а лишь степень соответствия поставленным целям и намеченным концепциям. Детальное описание некоторых новых



Частичные цели и предпосылки их					
Сопоставляемая группа	Системные группы: Частичные цели		Системы, зависящие		
			Большие кабины		Малые кабины
			Линейная эксплуатация	Работа по заявкам	
Общественные транспортные средства	H <sub>1</sub>	Сокращенный интервал прибытия и отпр.	○	○	⊗
	H <sub>2</sub>	Сокращение времени ожидания	○	⊗	●
	H <sub>3</sub>	Сокращение времени поездки	○	⊗	●
	H <sub>4</sub>	Уменьшение числа остановок	○	⊗	●
	H <sub>5</sub>	Увеличение межстанционных остановок	○	○	○
	H <sub>6</sub>	Увеличение числа стыков между линиями	○	⊗	●
	H <sub>7</sub>	Увеличение числа пунктов пересадки	○	⊗	●
	H <sub>8</sub>	Определение времени отправления	○	⊗	●
	H <sub>9</sub>	Улучшение предоставляемых мест для сидения	○	⊗	●
	H <sub>10</sub>	Автоматизация работы	⊗	⊗	⊗
Индивидуальные транспортные средства	I <sub>1</sub>	Улучшение использования площадей в подв.сост.	●	●	⊗
	I <sub>2</sub>	Ликвидация проблемы стоянок	●	●	●
	I <sub>3</sub>	Повышение безопасности движения	●	●	●
	I <sub>4</sub>	Исключение социальных ограничений	●	●	●
	I <sub>5</sub>	Уменьшение влияния на окружающую среду	●	●	●

Легенда: Предпосылки осуществления целей



Никаких



Средние

Рис. 2.4. Возможности осуществления намеченных целей при помощи транспортными

Выполнения применением новых транспортных систем						
от типа пути			Системы на комбинированном ходу		Системы, независимые от пути	
Контейнерные системы	Транспортеры		Автомобили на комбинированном ходу	Автобусы на комбинированном ходу	Автобусы по вызову	Самостоятельная езда на такси
	Стандартное оборудование	Скоростное оборудование				
●	●	●	●	○	●	●
○	●	●	●	○	●	●
●	○	○	●	○	○	●
○	●	●	●	○	●	●
○	●	○	●	○	●	●
○	○	○	●	○	●	●
●	○	○	●	●	●	●
●	●	●	●	○	●	●
●	○	○	●	○	●	●
●	●	●	○	○	×	×
●	●	●	●	●	●	●
●	●	●	○	●	●	●
●	○	●	●	●	○	○
●	●	●	○	●	●	●
●	●	●	○	○	○	○

● Значительные

× Неважно

нением новых транспортных систем по сравнению с классическими системами в ГОТ

2-3740

систем общественного транспорта приведено в разделе 3.

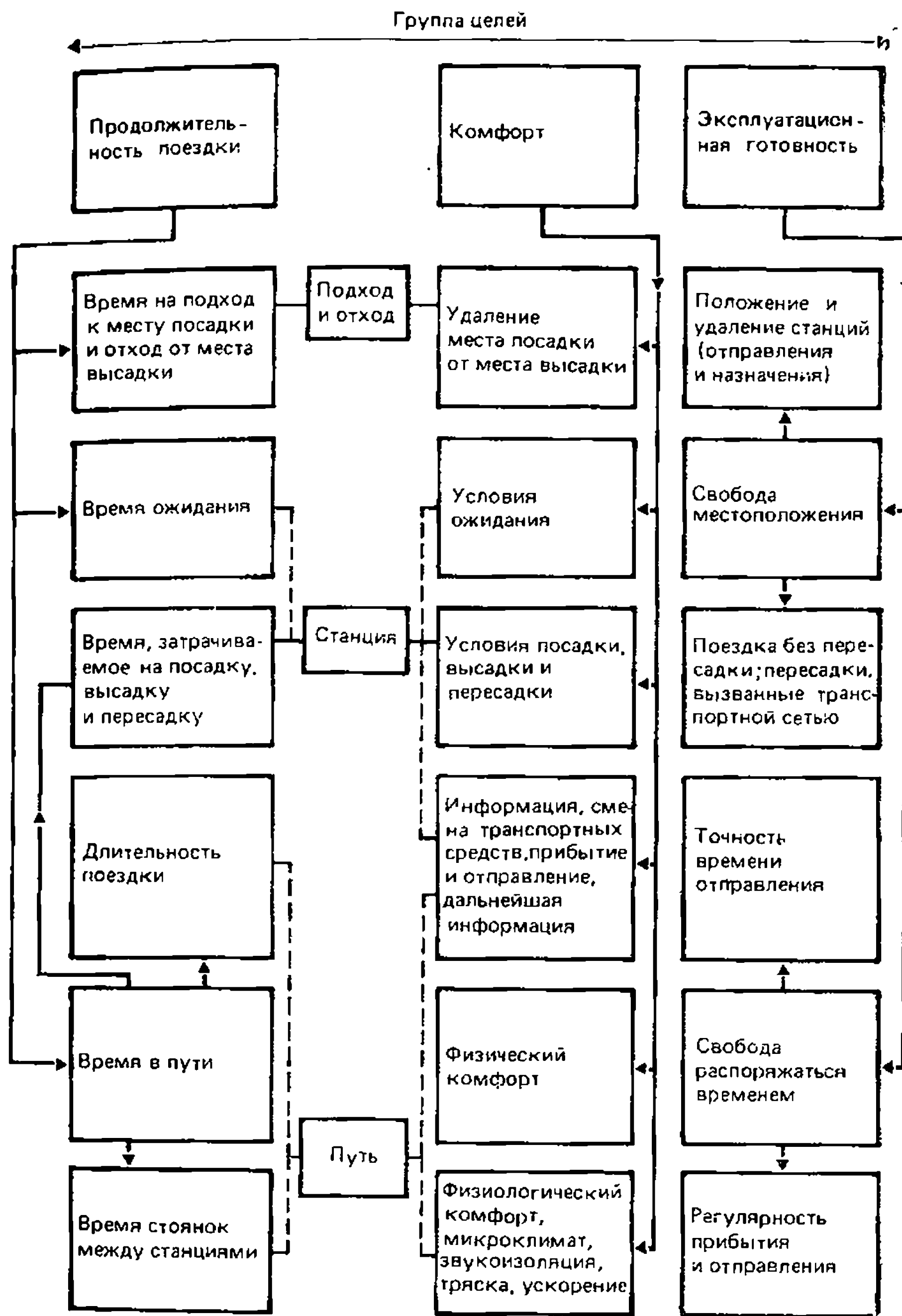
При сравнении отдельных групп транспортных систем можно учесть все технические детали. Речь идет о таких технических вопросах, как конструкция кузова или салона, путевая структура, состав транспортных средств (управление и др.), и о вопросах связанных с управляющим и обеспечивающим обслуживанием.

Транспортные средства оцениваются общественностью, пользователем и эксплуатационниками. Отдельные требования можно объединить в три основные группы: продолжительность поездки, комфорт, готовность к обслуживанию (рис. 2.5). К основным группам примыкают частные цели и взаимосвязи между ними.






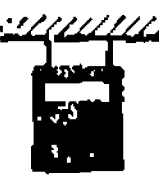




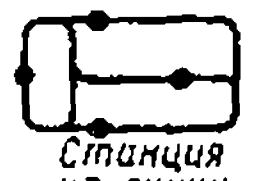
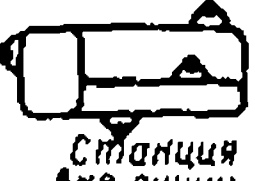
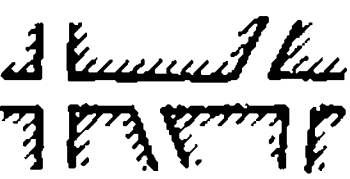




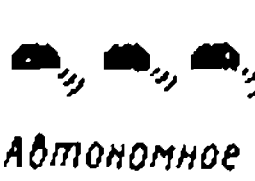
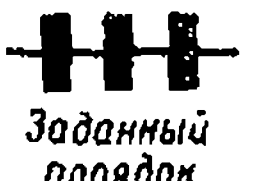
Новые транспортные системы, разделенные на отдельные группы (раздел 1.4), можно изучать по типу кузова транспортного средства, путевой структуры, образованию транспортной сети, способу управления и т. п. Можно говорить о морфологическом анализе транспортных систем городского общественного транспорта. Таким способом можно наиболее подробно и наиболее наглядно исследовать и сравнивать типичные транспортные системы.

Для примера можно привести морфологический обзор характеристик разных систем городского общественного транспорта. На рис. 2.6 показаны главные направления развития пассажирских транспортных средств.

Очень важным является утверждение, что дальнейшее развитие современных форм интеграции общества зависит от пропорционального развития транспорта, причем должно быть достигнуто значительное



з. 2.5. Цели пользователя и деление частных целей

Обозначение системы						
Тип	Многоместные транспортные средства	Большие кабины	Малые кабины	Непрерывные транспортеры		
Число мест для сидения	 50-300	 6-15	 2-3	 2 на метр		
Путевая структура	Жесткая 	Подвесная 	Двойная 	Транспортный конвейер 		
Строительный облик транспортной сети	Линейная транспортная сеть		Строение транспортной сети		Уличная сеть	
	 Станция на линии	 Станция вне линии	 Станция на линии	 Станция вне линии		
Регулирование расстояния между транспортными средствами	Вручную 	Полуавтоматизированное  Система блокировки	Под контролем  Линейное управление	Автоматическое  Центральное	 Автономное	 Заданный порядок
Система управления	Никакой		Частичная	Иерархическая	Центральная	
Оптимизация хода перевозок	Никакой		Частичная	Центральная		
<p>———— Исследовательский макет                      - - - - - Общая концепция и технические испытания</p>						



лучшение по сравнению с современным состоянием.

Европейская экономическая комиссия ООН констатирует, что необходимы новое понимание и новая стратегия долгосрочных и краткосрочных мероприятий по достижению сбалансированно действующей транспортной системы, по определению целей программы таким образом, чтобы такая стратегия вытекала из законодательных, финансовых и административных мероприятий.

При согласовании проектируемых частных систем и определении сфер их транспортного использования в городских агломерациях можно предположить, что:

на кратчайших расстояниях будут использоваться движущиеся тротуары (скорости от 10 до 16 км/ч);

на расстояниях большей дальности будут применены транспортные системы, движущиеся под землей, например подземный транспорт со скоростями от 30 до 40 км/ч. Посадка и высадка пассажиров будет производиться на станциях без остановки поезда с помощью нескольких движущихся тротуаров с переменной скоростью движения (от скорости движущегося поезда до малой скорости, соответствующей входу на платформу и сходу с нее;

индивидуальные способы перевозки включают такси самообслуживания и автоматизированные системы управления движением на транспортных трассах с помощью ЭВМ;

на еще больших дальностях будут использоваться системы электрических транспортных средств со скоростями движения до 80 км/ч.

В 1973 г. Европейской экономической комиссией ООН были приняты следующие рекомендации и установлены следующие принципы:

рекомендовать и использовать те новые системы, которые разработаны на основе существующих систем и которые можно создать в средние сроки. Экспериментам должны предшествовать исследования технологического развития, которые выработаны с учетом состояния города и должны соответствовать динамическим аспектам практического использования окружающей среды в городе, а также сравнительной эффективности технологических и организационных мероприятий;

при проектировании новых транспортных систем необходимо бережно и внимательно относиться к природным ресурсам, особенно к энергетическим, и к безопасности движения.

### **2.3. ЭЛЕМЕНТЫ НОВЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ**

Новые транспортные системы различаются по дальности — междугородные и местные. Механические системы делятся на несущие, направляющие и тяговые (рабочие и тормозные) устройства. В последнее время появляются новые системы. Делением на группы достигается их наглядность.

Пока наиболее распространено классическое стальное колесо на стальном рельсе. Применяются также и другие механические системы, которые несут, направляют, приводят в движение и тормозят транспортное средство. Это, например, транспорт на воздушной или магнитной подушке и трубопроводные системы. Механические системы делятся на несущие и направляющие устройства, тяговое оборудование и тормозные устройства.

## л. Несущие и направляющие устройства

### Механические системы

Среди механических систем наиболее известным и давно распространенным способом является стальное колесо, имеющее бандаж с гребнем, и движущееся по стальному рельсу. Эта система опирания и направления железнодорожного подвижного состава старше, чем тяговая электрическая система. Ее использовали уже при конной тяге. На городских железных дорогах, в отличие от железнодорожного подвижного состава, применяли колеса с более простым профилем — цилиндрическим (рис. 2.7) или коническим (рис. 2.8). Головка рельса имеет поверхность катания выпуклую (рис. 2.9) или с желобом (рис. 2.10). В последнее время появились рельсы блочного типа (рис. 2.11). На поверхность катания колеса (плоскость соприкосновения колеса и рельса) передаются несущая, тяговая и тормозная силы. Направление движения колеса (или колесной пары) обеспечивается гребнем бандажа. Для снижения шума, создаваемого качением колеса по рельсу, используют комбинированное колесо (см. рис. 2.7 и 2.8). Резиновые элементы, которые, как правило, воспринимают срезающие усилия, снижают уровень шума приблизительно на 3—4 дБ. Современные колеса имеют облегченную конструкцию. Для снижения уровня шума диск колеса делают тонким, но очень прочным. Дальнейшее снижение уровня шума достигается нанесением на диск колеса пластмассы или резины вулканизацией (рис. 2.12). Такими современными конструктивными элементами можно повысить комфортабельность поездки и снизить уровень шума.

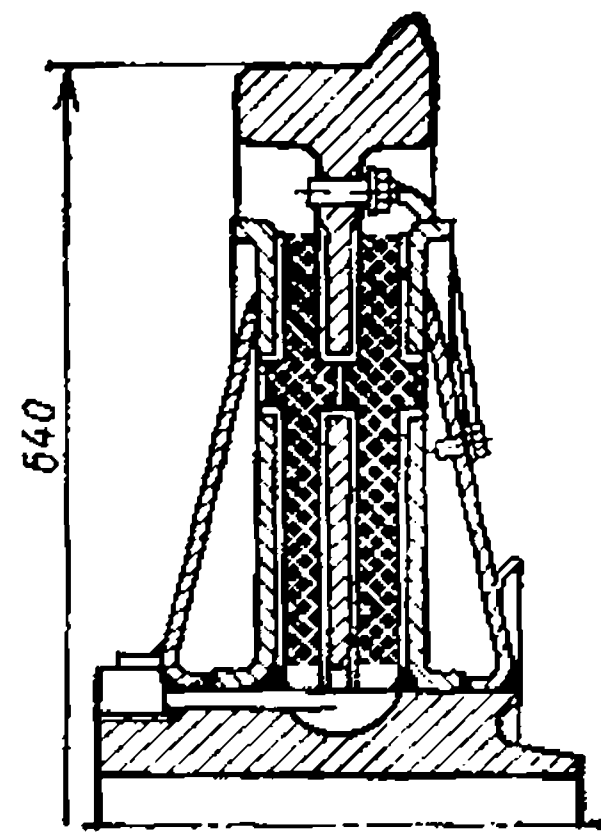


Рис. 2.7. Колесо трамвая Tatra с цилиндрическим профилем поверхности катания и резиновыми вкладышами

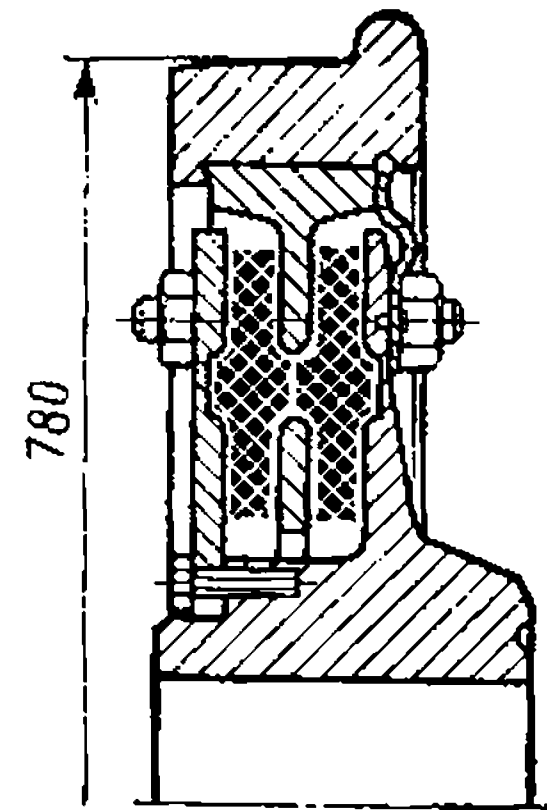


Рис. 2.8. Колесо вагона пражского метрополитена с цилиндрическим профилем поверхности катания и резиновыми вкладышами

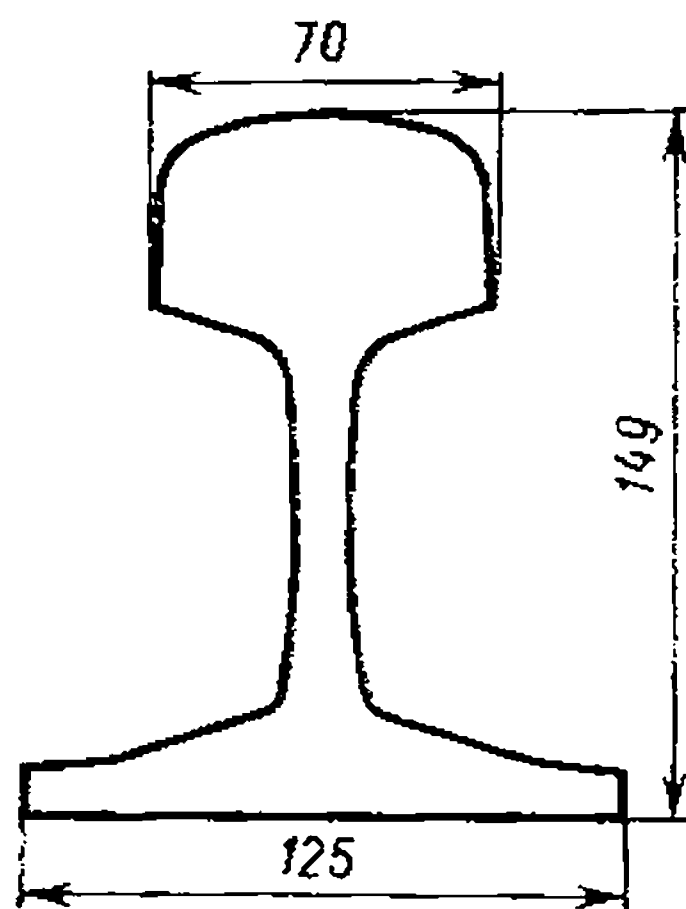


Рис. 2.9. Рельс типа S49, используемый в пражском метро и на электрифицированной железной дороге в Татрах

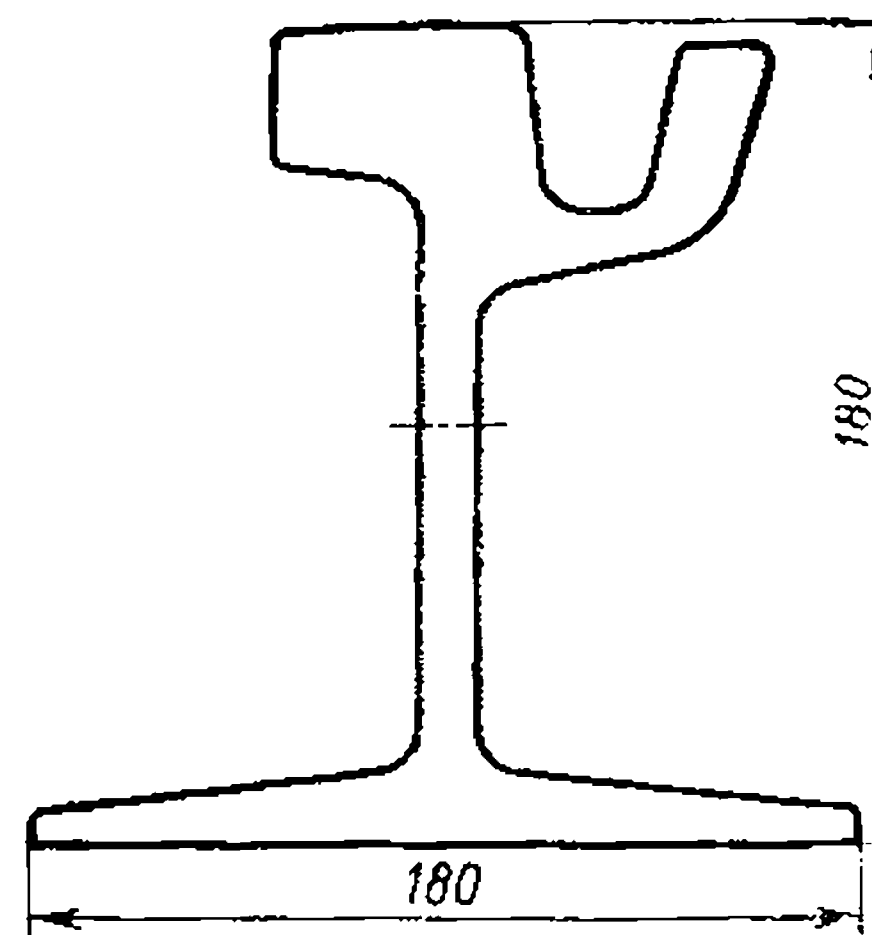
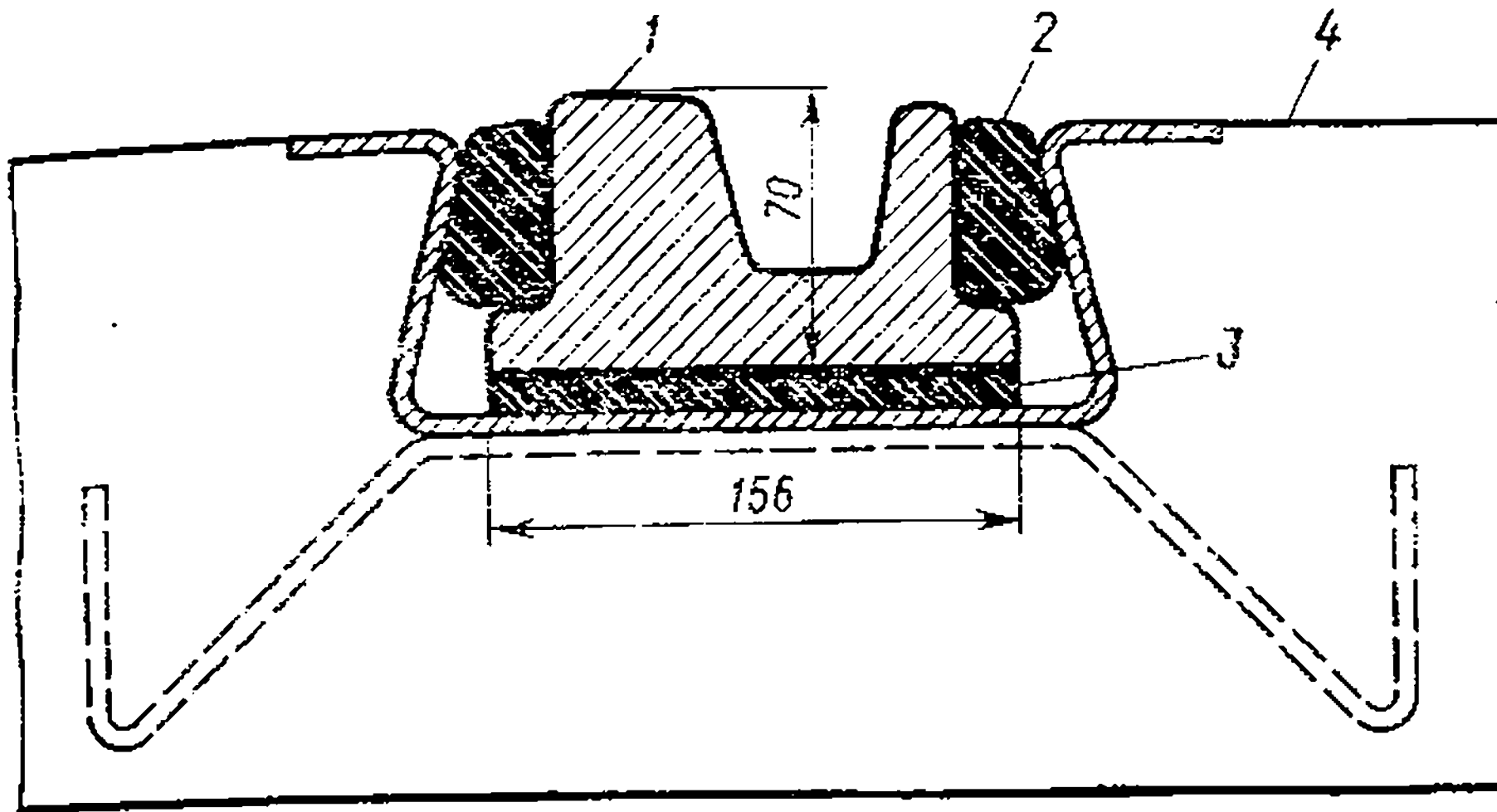


Рис. 2.10. Рельс типа NR3 желобчатой поверхностью катания, наиболее широко распространенный на городском общественном транспорте

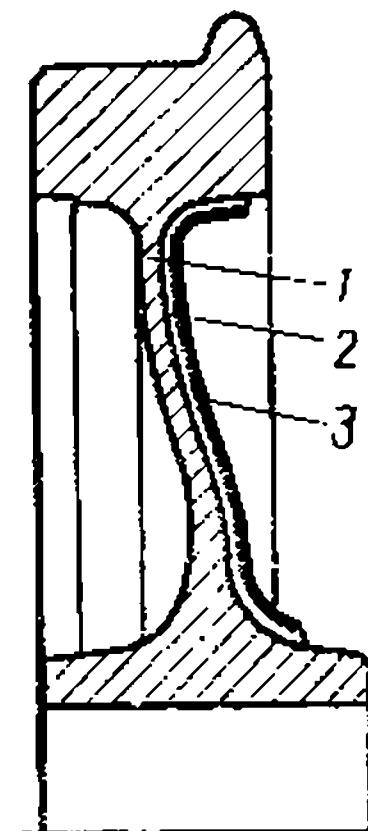


△ Рис. 2.11. Деталь конструкции рельса в широкоподшвенной панели:

1 — рельс типа В1; 2 — уплотняющая резиновая прокладка; 3 — резиновая подкладка; 4 — железобетон

Рис. 2.12. Дисковое колесо (моноблок) с навулканизированной пластмассой или технической резиной:

1 — дисковый моноблок; 2 — амортизирующий слой; 3 — защитный слой



В конце 30-х годов были испытаны железнодорожные вагоны на пневматическом ходу, причем в качестве опоры для них использовались необработанные стальные рельсы (см. рис. 1.1). Схема современной вагонной тележки парижского метрополитена показана на рис. 2.13.



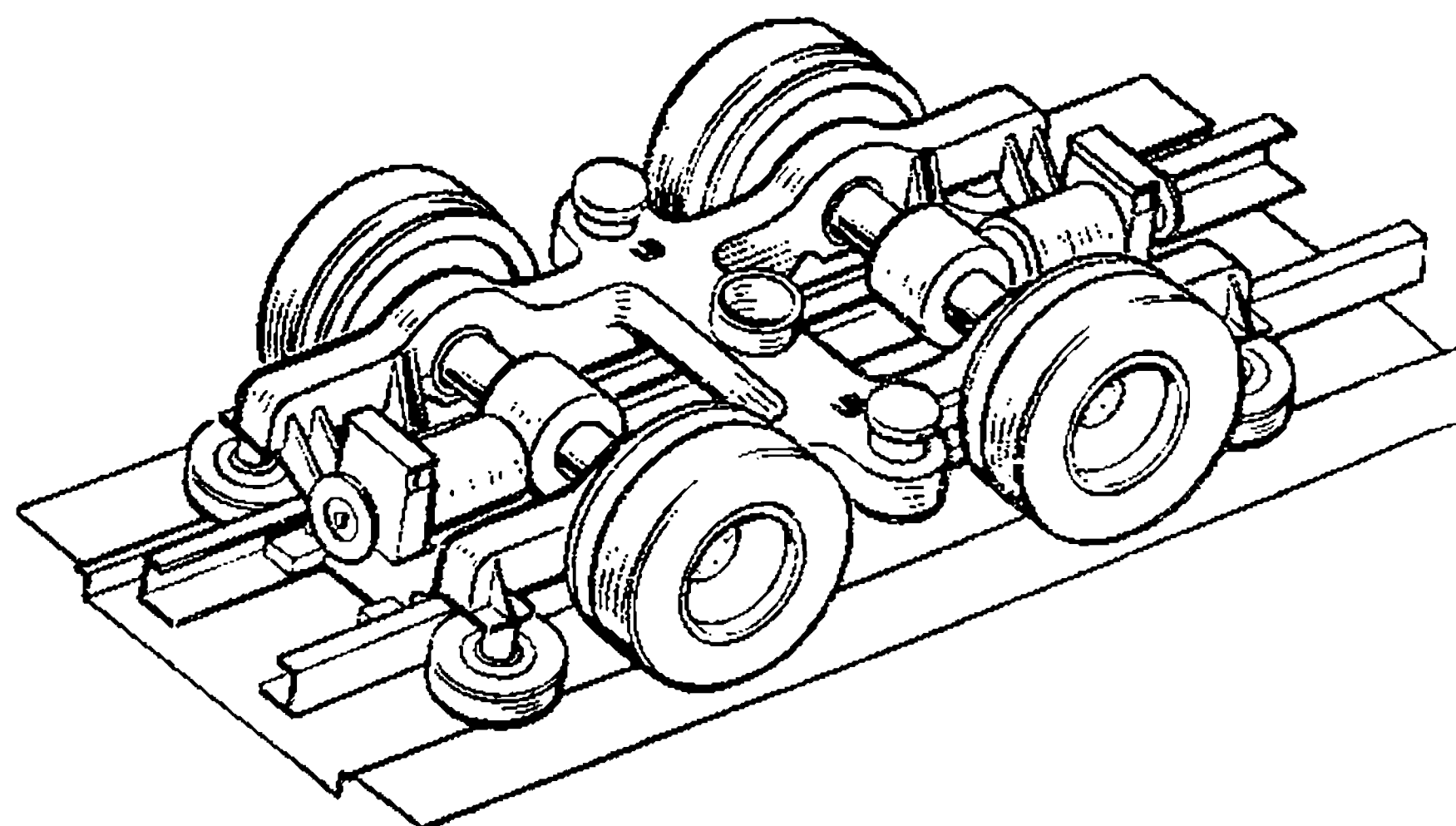


Рис. 2.13. Схема вагонной тележки парижского метрополита

Позже были разработаны новые транспортные системы опирания и управления подвижным составом. Возможные схемы взаимного расположения опорных и направляющих колес показаны на рис. 2.14. Наиболее широко распространенный способ использования

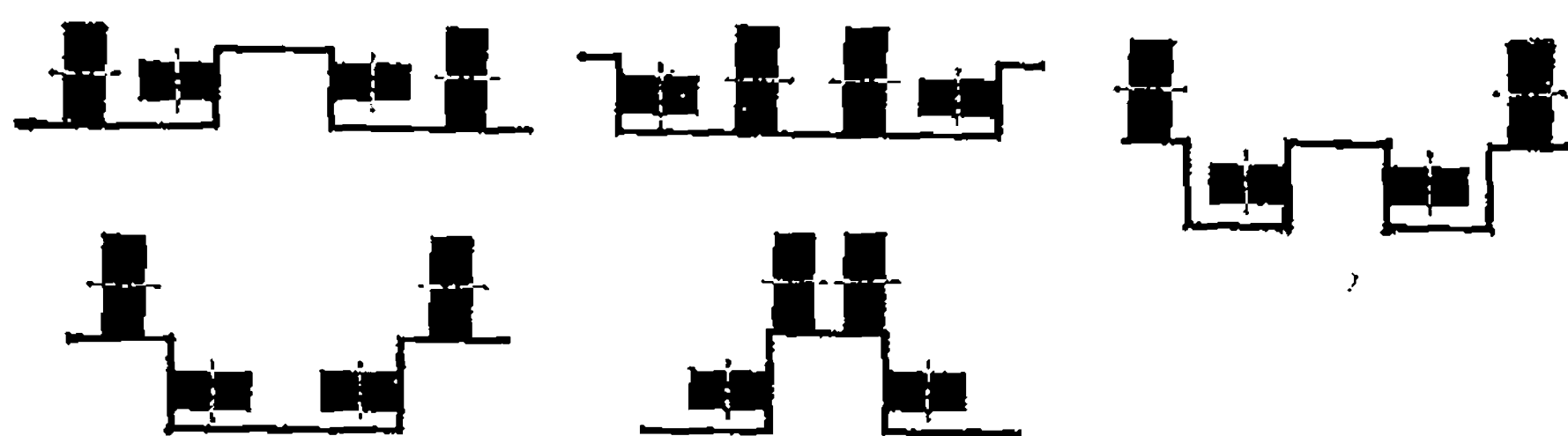


Рис. 2.14. Примеры возможного расположения опорных и направляющих пневматических колес для новых транспортных средств

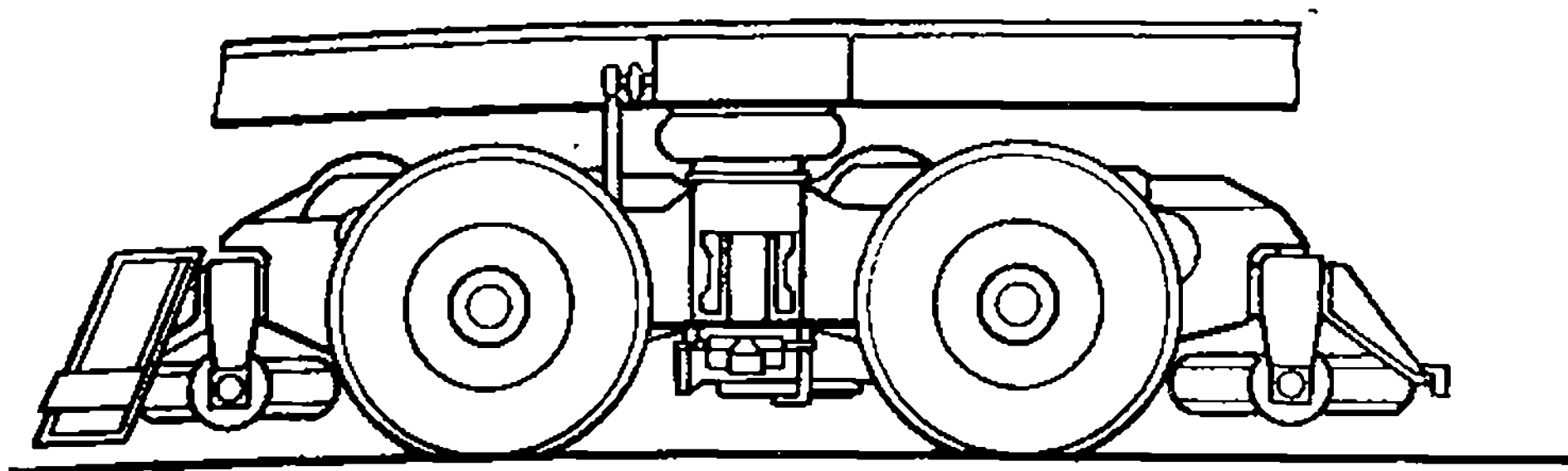


Рис. 2.15. Вагонная тележка на пневмоходу

ния пневматических колес для опирания и управления использован на подвижном составе парижского метрополитена. Аналогичные конструктивные схемы использованы на метрополитенах Марселя, Лиона, Монреаля и др. Подвижной состав метрополитена в Саппоро снабжен пневматическими опорными колесами, расположенными по оси вагона (рис. 2.15). Такой тип опорных и направляющих пневмоколес до сих пор в большинстве случаев применяется при скоростях до 80 км/ч. По условиям безопасности эту конструкцию можно применять для скоростей до 500 км/ч.

Можно просто доказать, что для ускорения и замедления подвижного состава пневмоколеса не нужны, а с учетом коэффициента сцепления достаточно стальных колес, движущихся по стальному рельсу.

Предположим, что новое транспортное средство, например вагон парижского метрополитена на пневмоходу, имеет  $\frac{2}{3}$  ведущих колесных пар. Это означает, что не менее  $\frac{2}{3}$  массы вагона опирается на ведущие оси.

Теоретически на ободу колес может быть реализована сила тяги или тормозная сила

$$T = (0,66 \dots 1,00) Q\mu,$$

где  $Q$  — вес вагона;  
 $\mu$  — коэффициент сцепления.

Рассмотрим ускорение и замедление от 0,1 до 1 5 м/с<sup>2</sup>, причем значения более 2 м/с<sup>2</sup> будем считать неблагоприятными для вагонов, в которых есть пассажиры, едущие стоя. Из уравнений

$$T = \frac{Q}{g} a = ma \quad \text{и} \quad T = Q\mu$$

с учетом предпосылки, что не менее  $\frac{2}{3}$  массы вагона опирается на ведущие оси, можно написать:

$$\mu = \frac{a}{(0,66 \dots 1,00) g}$$

При  $a = 0,1$  м/с<sup>2</sup>     $\mu = 0,0154 \dots 0,0102$ ;  
 »  $a = 1,0$  м/с<sup>2</sup>     $\mu = 0,154 \dots 0,102$ ;  
 »  $a = 5,0$  м/с<sup>2</sup>     $\mu = 0,77 \dots 0,510$ .

Коэффициент сцепления стальных колес по стальным рельсам находится в диапазоне от 0,1 до 0,3. Верхний предел уменьшается по мере увеличения скорости и при ухудшении погодных условий. Приведенные значения подтверждают, что в отношении коэффициента сцепления при ускорениях до 2,5 м/с<sup>2</sup> достаточно стального колеса, движущегося по стальному рельсу.

#### Аэродинамические системы

Транспортные средства на воздушной подушке раньше всего использовались на безрельсовом транспорте как наземные и водные транспортные средства. Речь

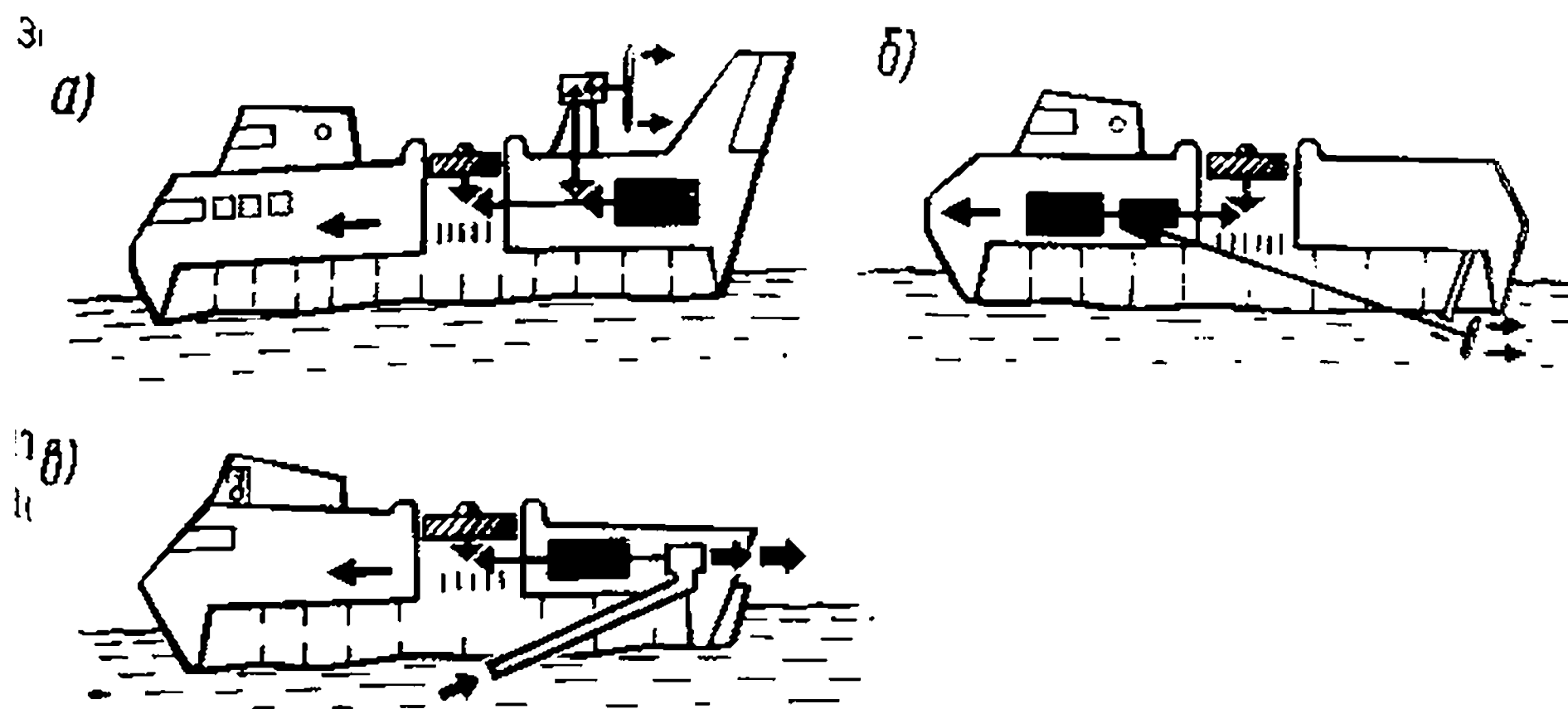


Рис. 2.16. Основные типы транспортных средств на воздушной подушке в зависимости от вида тяги:  
*a* — турбовинтовая; *б* — судовой винт; *в* — гидрореактивная

шла, например, о транспортных средствах, которые перевозили пассажиров и индивидуальные автомобили между Францией и Великобританией (рис. 2.16).

Транспортные средства на воздушной подушке подразделяются на две основные группы. Парение может быть обеспечено избыточным давлением или разрежением.

Транспортные средства на воздушной подушке, работающие по принципу избыточного давления, можно разделить на следующие основные группы.

*Площадная циркуляция* (рис. 2.17). Речь идет о малом избыточном давлении и большой поверхности камеры. Общая подъемная сила является результатом этих двух факторов. Это принцип заполненных камер в виде колпака или крышки, где создается избыточное давление, приподнимающее транспортное средство. Избыточное давление воздуха преодолева-

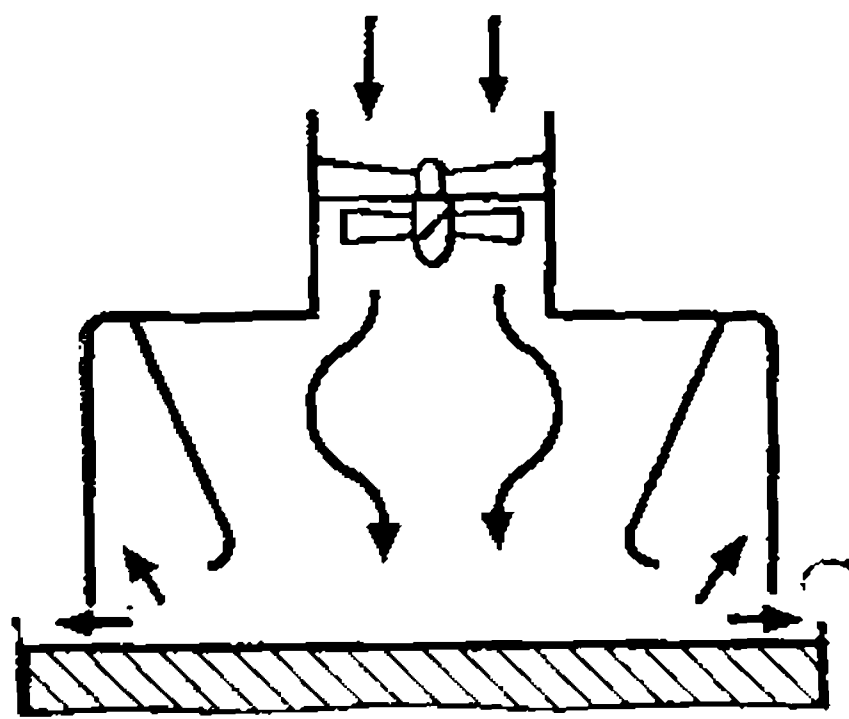


Рис. 2.17. Принцип воздушной камеры транспортного средства на воздушной подушке при площадной циркуляции воздуха

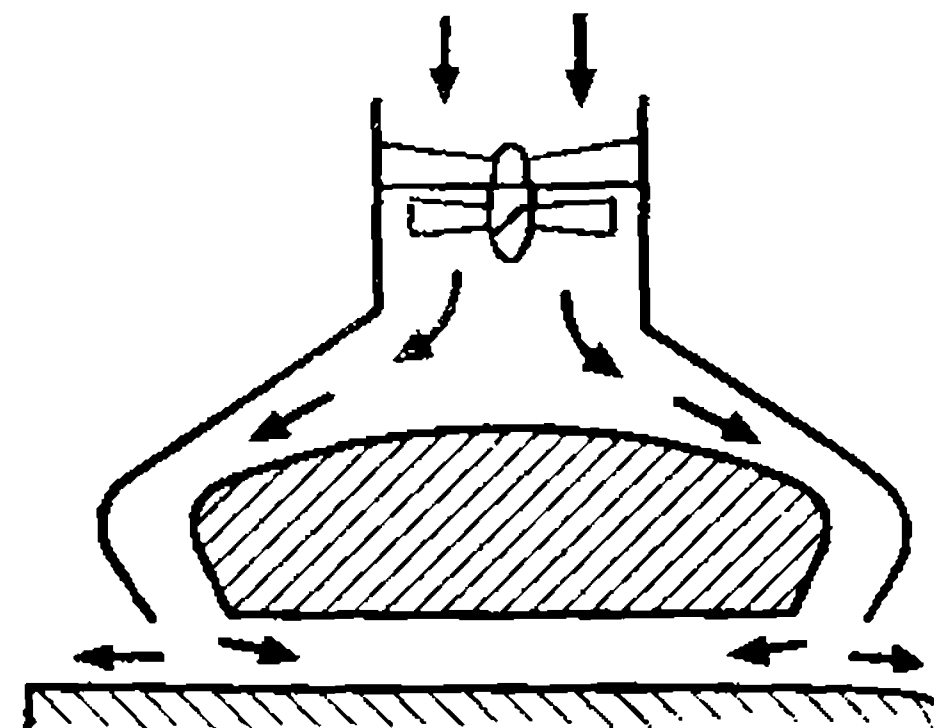


Рис. 2.18. Принцип воздушной камеры при циркуляции воздуха по контуру

ет сопротивление и через щели воздух выходит и под колпака. Этот принцип использован на французских транспортных средствах Aerotrain-Trimin. Удельные затраты энергии составили 4—5 кВт/

*Циркуляция воздуха по контуру.* Циркулирующий сжатый воздух струится по контуру подушки. Одновременно перекрывается поступление наружного воздуха в камеру (рис. 2.18). Воздух циркулирует вдоль кромки камеры транспортного средства и выдувается. Уплотнение реализуется с помощью воздушной завесы, в результате чего в силовой части транспортного средства образуется избыточное давление воздуха. Такой принцип был экспериментально опробован на западно-германском транспортном средстве Transrapid 03 (фирма Kraus-Maffei) и на британском транспортном средстве Hovertrain. Суда на воздушной подушке, работающие по такому принципу, потребляют энергии на 20—30% меньше, чем суда на воздушной



подушке, использующие принцип площадью циркуляции [18].

*Воздушная пленка.* Аэродинамические носители имеют гибкие резиновые кожуха. Часть циркулирующего воздуха надувает кожух, приспособляя его к форме поверхности путевой структуры. Другая часть воздуха циркулирует между кожухом и путевой структурой, вследствие чего возникает воздушная пленка. Этот тип транспортных средств на воздушной подушке требует существенно меньше энергии, чем два предыдущих типа. Удельные затраты энергии составляют 0,2—0,8 кВт/т. Создатели транспортного средства утверждают, что движение не сопровождается шумом и вибрациями. Очень тонкий слой воздуха имеет малое сопротивление, что обеспечивает хорошее подвешивание. На этом принципе основано транспортное средство на воздушной подушке фирмы Ford (рис. 2.19). Транспортное средство состоит из плоской плиты, под которой циркулирует воздух. Фирма General Motors использовала принцип гибких кожухов (рис. 2.20).

*Диффузионный принцип с обтекаемым вспомогательным циркуляционным каналом и с циркулирующим воздухом* (рис. 2.21). Струящийся воздух приподнимает и движет транспортное средство.

*Экранопланы.* Самолетный принцип, предусматривающий приподнимание транспортного средства за счет циркуляции воздуха под несущими крыльями, показан на рис. 2.22. Практически они не отличаются от несущего крыла самолета, ибо тяговый агрегат находится на определенном удалении от земли\*.

---

\* Подъемная сила на единицу площади крыла экраноплана всегда больше, чем у самолета (прим. науч. ред.).

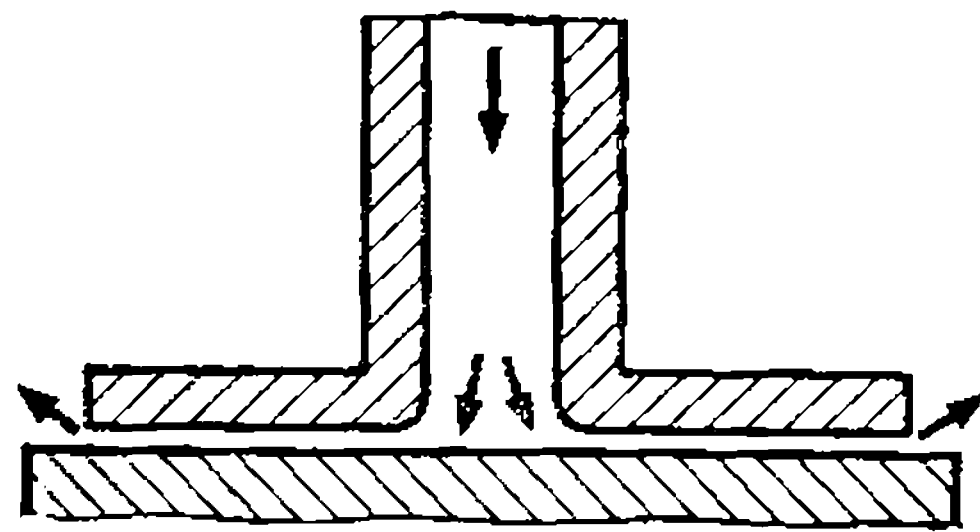


Рис. 2.19. Принцип аэродинамических несущих опор фирмы Ford

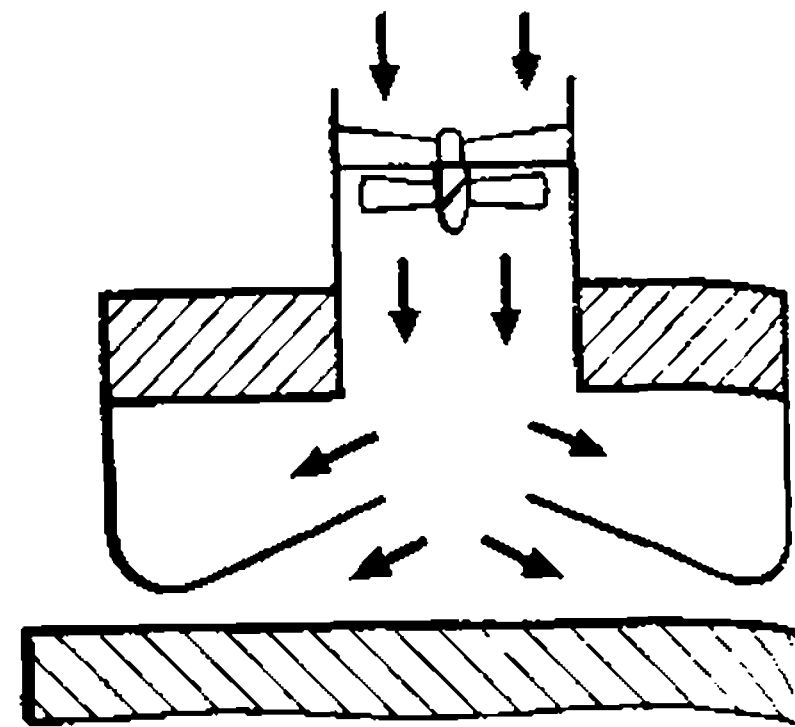
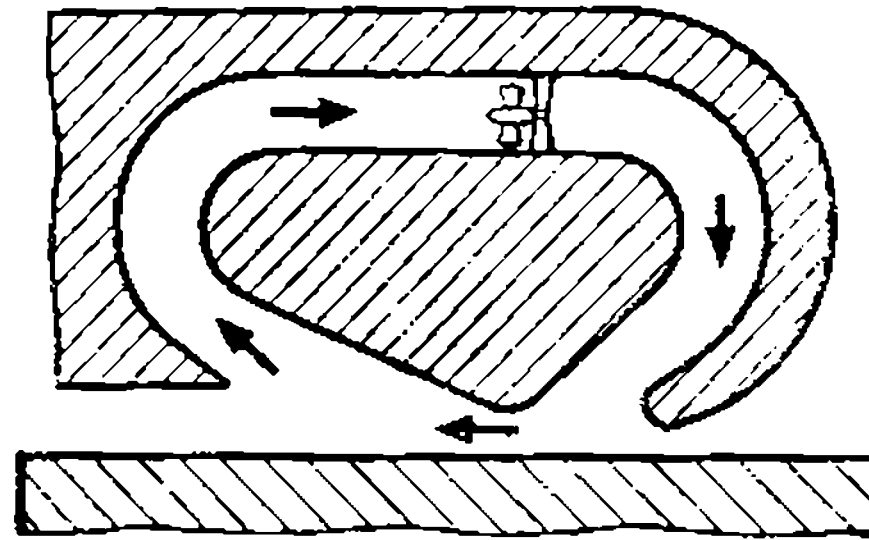
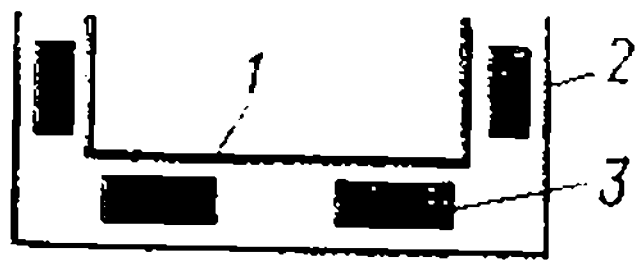
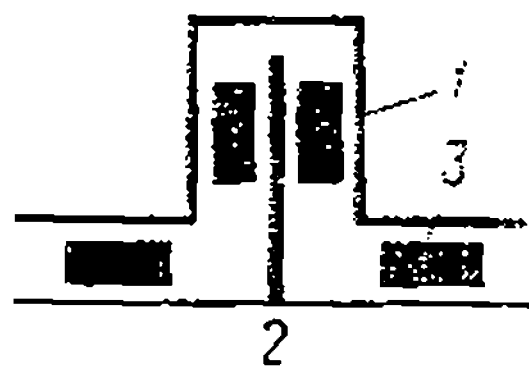
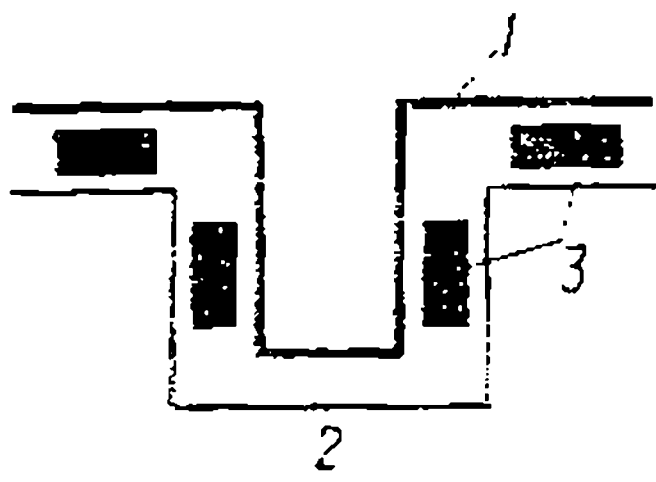
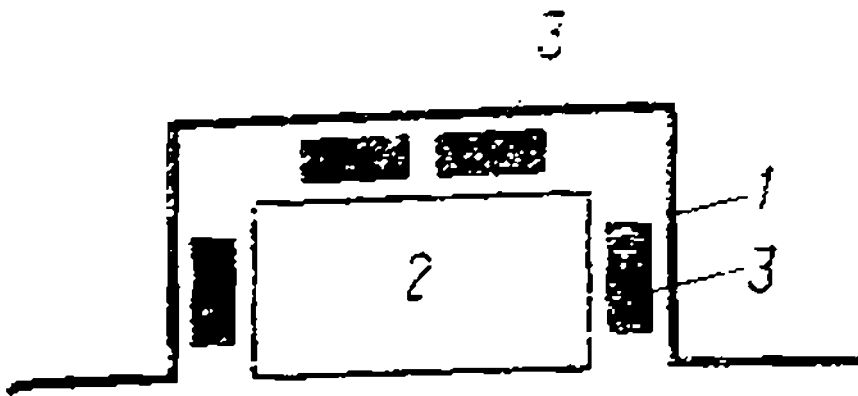
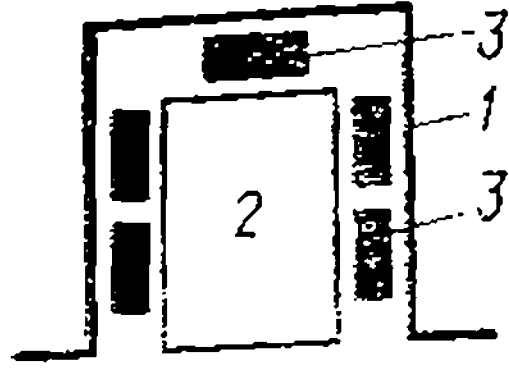


Рис. 2.20. Принцип аэродинамического элемента транспортного средства на воздушной подушке фирмы General Motors

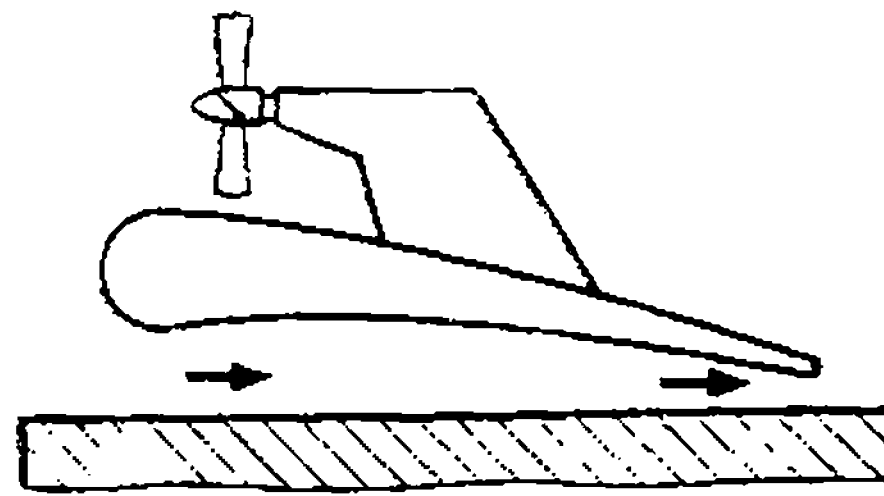
Сочетанием отмеченных принципов можно создать различные варианты транспортных средств на основе аэродинамических элементов.

Транспортные средства на принципе площадной краевой циркуляции очень капиталоемкие. Системы на основе избыточного давления в исследовательском техническом отношении имеют мало шансов на осуществление. Принцип несущего крыла потребует широкой путевой структуры и больших капитальных вложений. Транспортные средства, сконструированные по принципу диффузоров, имеют сложную конструкцию и низкий уровень диффузного действия. Принцип воздушной пленки требует ровной и гладкой поверхности. Этот тип транспортных средств наиболее экономичен.

Опирающее и управляющее транспортное средство на путевой структуре может иметь разные схемы. Наиболее экономичные способы опирания и направления транспортного средства при надежной устойчивости



△Рис. 2.21. Транспортное средство, работающее по принципу диффузии



△Рис. 2.22. Принцип несущего крыла вблизи поверхности земли

◁Рис. 2.23. Типы взаимодействия путевой структуры с транспортным средством:

1 — транспортное средство; 2 — путевая структура; 3 — опорное и направляющее оборудование

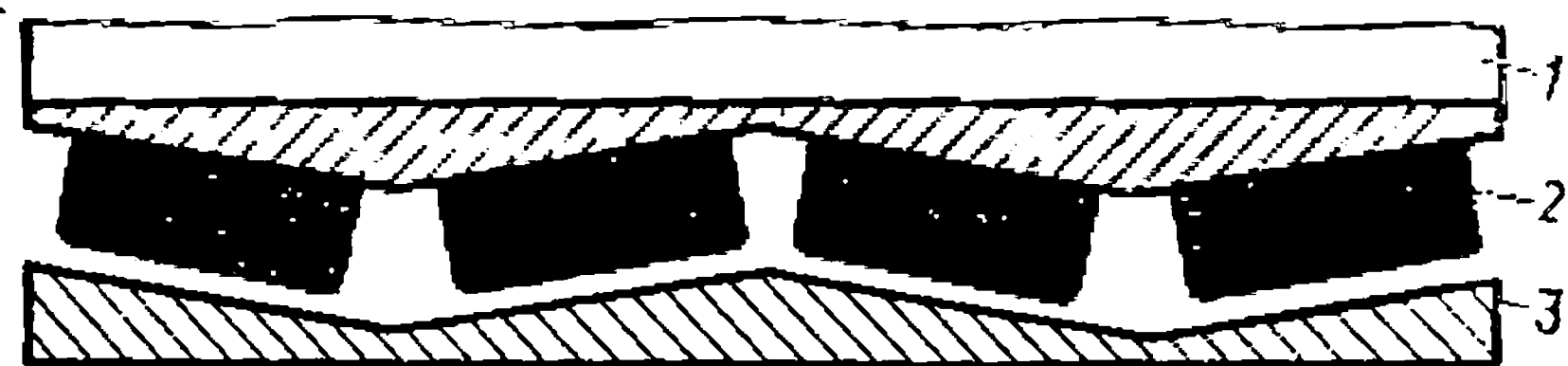


Рис. 2.24. Система опирания транспортного средства фирмы General Motors:

1 — транспортное средство; 2 — диффузоры; 3 — путевая структура

показаны на рис. 2.23. Влияние ветра и нагрузки на путевую структуру здесь не рассматривается. Другой способ опирания и направления транспортного средства использовала фирма General Motors (рис. 2.24). По принципу воздушной пленки, образуемой в специальной путевой структуре, работает и транспортное средство фирмы Levasag (рис. 2.25).

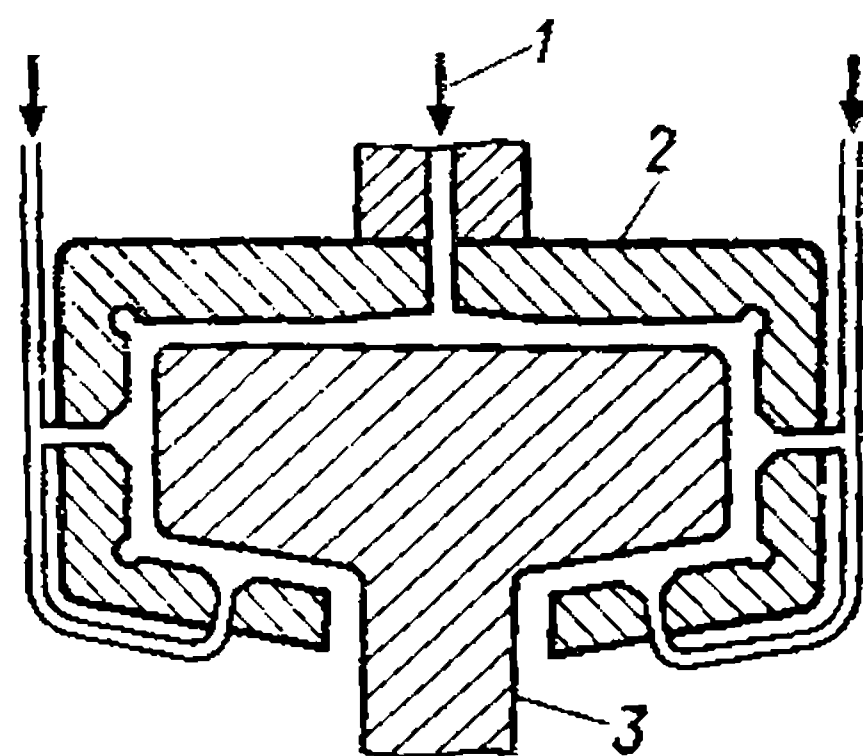


Рис. 2.25. Способ опирания транспортного средства фирмы Levasag на основе принципа воздушной пленки:

1 — сжатый воздух; 2 — вагон; 3 — путевая структура

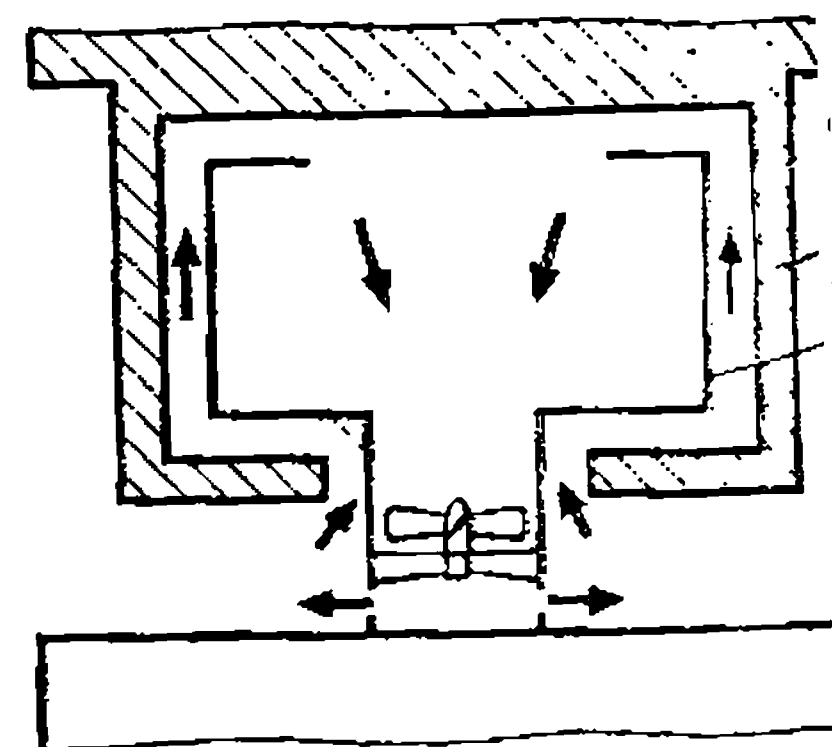


Рис. 2.26. Способ опирания транспортного средства на основе воздушного разрежения:

Принцип разрежения воздуха в аэродинамической транспортной системе использован французской фирмой URBA для городского общественного транспорта. В пустотелой балке 1 (рис. 2.26) расположена пустотелая коробчатая труба 2, имеющая в верхней части отверстия. Через эти отверстия отсасывается воздух. С помощью разрежения транспортное средство приподнимается, и между внутренней емкостью и балкой путевой структуры входит снаружи циркулирующий воздух, который обеспечивает боковую стабилизацию. При выключенном вентиляторе направляющие планки транспортного средства лежат на отгибах пустотелой балки. Когда из-под несущих плоскостей воздух отсасывается при достаточном разрежении, а вне камеры сохраняется воздушное давление, конструкция транспортного средства оказывается приподнятой. С помощью разрежения создается отсос воздуха из пустотелой конструкции транспортного средства на воздушной подушке, которая несет и направляет экипаж. Уменьшение расхода воздуха обеспечивает необходимый боковой зазор в лабиринте. При высокой скорости такая система разрежения сложная и в реальных условиях мало используемая.

### Непрерывные механические системы

Речь идет о механических системах, где транспортные средства опираются на циркулирующий воздух, который их направляет и приводит в движение. Используется эффект, который известен при езде в автомобиле по мокрой дороге (аквапланирование). Среда приподнимает транспортное средство над оборудованной путевой структурой. Сопротивление движению минимальное, вследствие чего уменьшается необходимая



мощность транспортного средства. В 1965 г. Барти получил на этот принцип патент. Согласно его проекту транспортное средство «посажено» на путевую структуру коробчатого типа и приводится в движение с помощью воды, циркулирующей под давлением. В канале вдоль путевой структуры вода подается в горизонтальном направлении, приподнимая и направляя транспортное средство.

Граничным случаем непрерывной гидравлическо-механической системы является патентованный проект согласно которому транспортное средство приподнимается и направляется пленкой пара.

## Магнитные системы

Недостатки аэродинамических систем, которые были выявлены, в частности, в исследованиях, проведенных в Великобритании, Франции и ФРГ, побудили несколько крупных фирм более 10 лет назад приступить к развитию магнитных систем опирания и направления

Известно, что одноименные полюсы отталкиваются, а разноименные притягиваются. Это явление используется в транспортных средствах на магнитной подушке для опирания и направления подвижного состава по путевой структуре. По сравнению с аэродинамическими системами транспортные средства на магнитной подушке экономичнее вследствие меньшего потребления энергии, создают меньше шума. Их можно сооружать на эстакадах, на уровне земли и в тоннелях. Магнитные системы более удобны для решения перспективных транспортных систем с помощью новых транспортных разработок.

Магнитная сила для поддержания и направления транспортных средств образуется с помощью по-

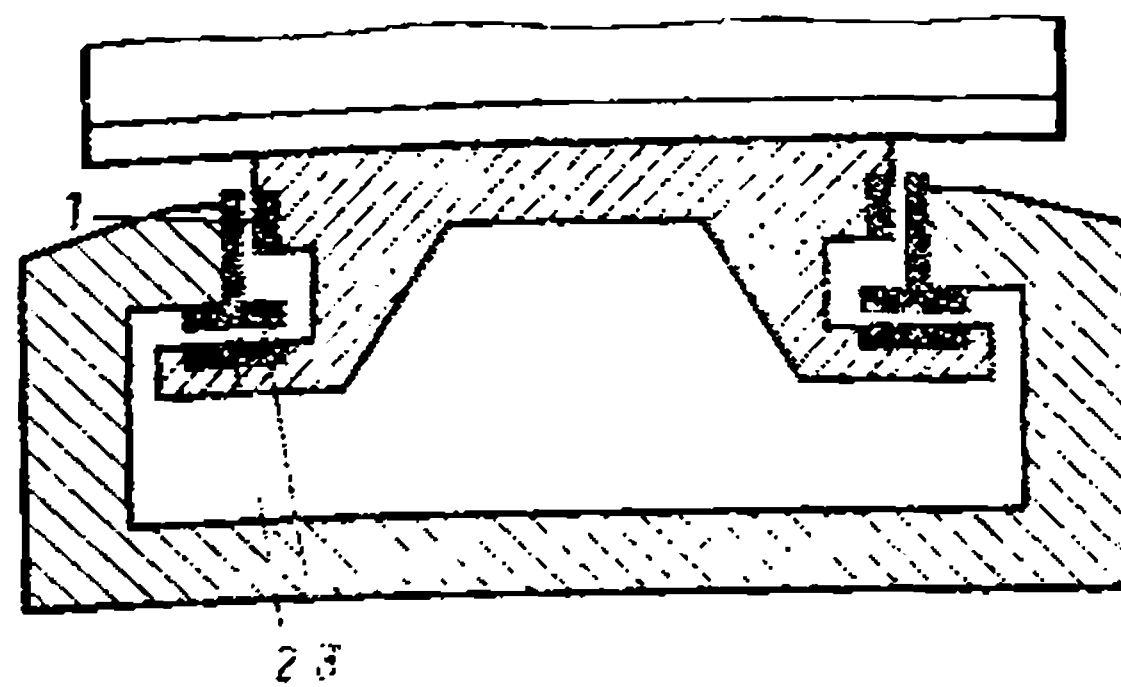


Рис. 2.27. Принцип электромагнитного пути:  
 1 — управляющий электромагнит; 2 — опорный электромагнит; 3 — рельс

стояниых массивных магнитов, электромагнитов и с использованием электродинамических принципов.

Система *постоянных магнитов* с односторонними силами отталкивания располагается под транспортными средствами и на путевой структуре. В отличие от других систем на магнитной подушке она не требует дополнительного источника энергии. Дальнейшее развитие постоянных магнитов для рассматриваемых целей зависит главным образом от создания высококачественных твердых ферромагнитных материалов, имеющих большой остаточный магнетизм (остаточную магнитную индукцию) и большую коэрцитивную силу. Эти параметры определяют меру силового взаимодействия постоянных магнитов.

При *электромагнитных системах* (рис. 2.27) на транспортных средствах устанавливают регулируемый электромагнит, с помощью силового воздействия которого на направляющий рельс из ферромагнитного материала (сплав железа, никеля, иногда — кобаль-

та) транспортное средство удерживается на заданной высоте над уровнем путевой структуры. Эту высоту можно плавно регулировать с помощью тока в электромагните.

В *электродинамической системе* имеется постоянный электромагнит с большой интенсивностью магнитного поля вдоль рельса, который изготовлен из электропроводного материала. При перемещении в рельсе индуцируется электрический ток, который согласно правилу Ленца направлен так, что его магнитное поле воздействует соответствующей силой на магниты, расположенные на транспортном средстве. При движении транспортного средства относительно пути магнитное отталкивание не возникает и сила подъема не появляется, потому что электрический ток по путевой структуре не протекает. С помощью постоянных или электрических магнитов можно добиться в путевых структурах посредством просто уложенных легких алюминиевых элементов больших движущих сил и необыкновенно большой рабочей высоты (до 20 см). Для этого нужен ток до 1 000 000 А и охлаждение обмоток электромагнита жидким гелием до температуры, близкой к абсолютному нулю (0°К). При этой температуре проводник имеет практически нулевое омическое сопротивление и дает возможность пропуска по нему соответственно больших токов.

Несмотря на то что такая сверхпроводящая техника требует высококачественного и дорогостоящего охлаждающего оборудования, Япония в 1972 г. построила одну из первых экспериментальных дорог данного типа. Транспортное средство массой до 2 т было снабжено линейным синхронным двигателем и имело дистанционное управление. Длина опытного участка 220 м. Подвешивание и движение транспор-

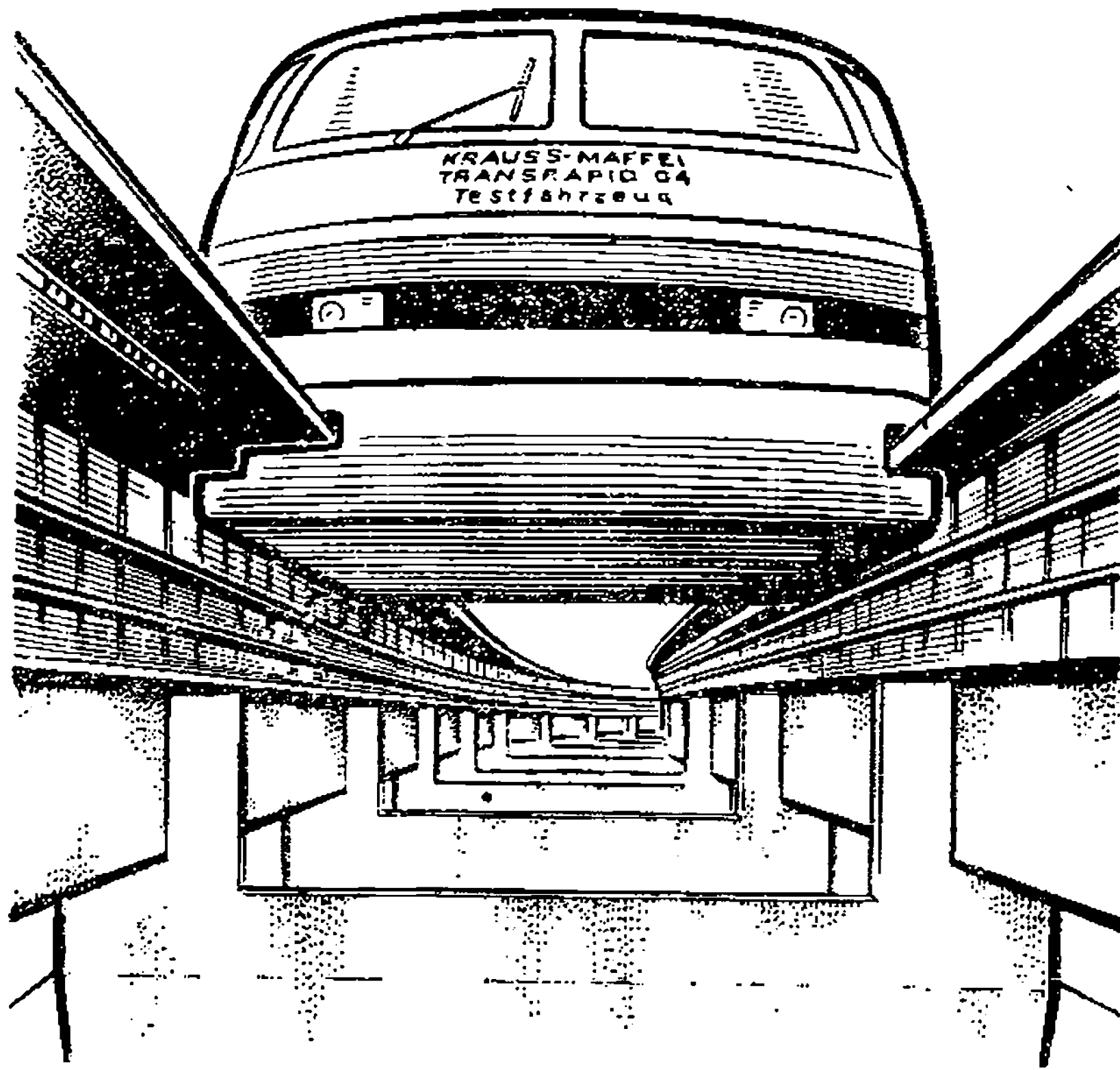


Рис. 2.28. Транспортное средство Transrapid фирмы Kraus-Maffei

ного средства обеспечивалось сверхпроводящими магнитами.

В ФРГ фирмы AEG, BBC и Siemens испытали подобное же устройство. На опытном участке в Эрлангене была достигнута скорость 200 км/ч. Одновременно в начале 70-х годов была сооружена еще одна опытная дорога. В исследованиях приняли участие фирмы Kraus-Maffei и Messerschmitt-Bölkow-Blohm (MBB). Транспортное средство фирмы MBB имело

длину 7,6 м, ширину 2,1 м и высоту 1,6 м, массу 5,8 т, вместимость 6 пассажиров. Движение обеспечивалось двигателем мощностью 600 кВт и силой тяги 100 кН.

В 1974 г. фирма Kraus-Maffei провела испытания первого транспортного средства Transrapid 02. Его длина 11,7 м, ширина 2,9 м, а высота 2,0 м, масса 11 т. Максимальная вместимость 10 мест для сидения. Двигатель мощностью 5000 кВт развивает силу тяги 320 кН. Максимальная скорость 164 км/ч.

С 1974 г. фирмы Kraus-Maffei и MBB совместно ведут разработки нового транспортного средства (ре-

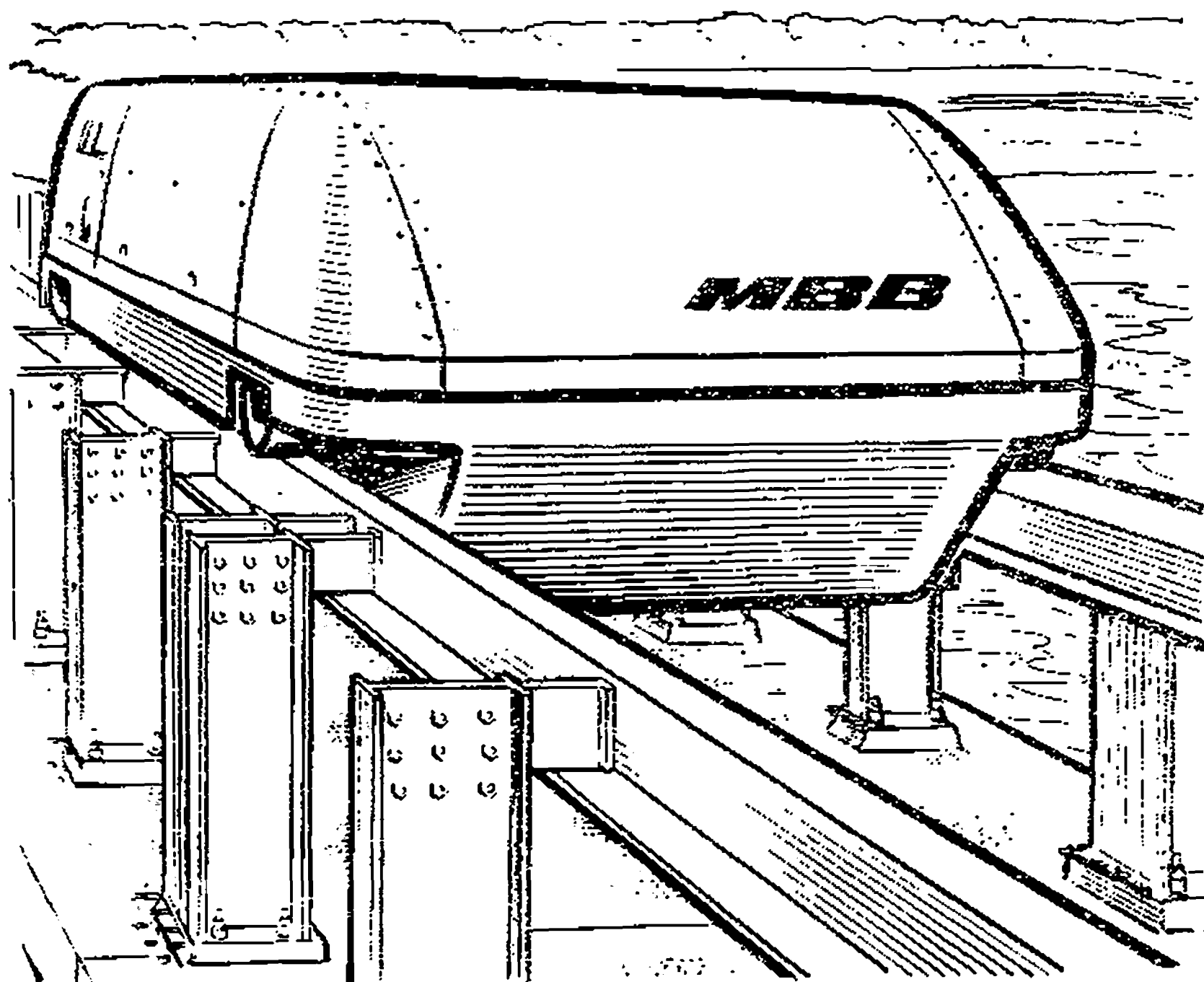


Рис. 2.29. Магнитная система опирания и направления фирмы МВВ

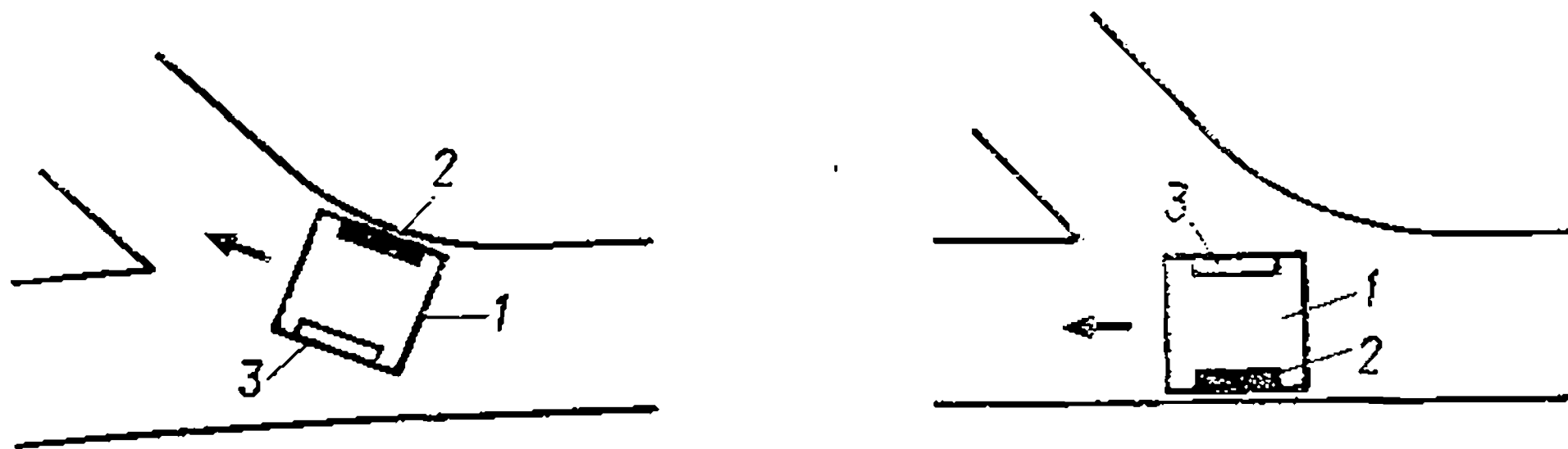


Рис. 2.30. Принцип управления транспортным средством (кабиной) на развилке с помощью магнита:  
 1 — кабина; 2 — активный магнит; 3 — пассивный магнит

2.28). На участке длиной 2400 м в Мюнхене достигнута скорость 200 км/ч.

Фирма МВВ для испытаний новых элементов соорудила в Мюнхене участок длиной 1300 м (рис. 2.29). На нем предполагалось реализовать скорость до 400 км/ч.

На рис. 2.30 изображен способ управления транспортным средством на ответвлении с помощью направляющего магнита.

### Б. Тяговые средства

*Механическая передача тягового усилия с помощью классических систем движения.* Эта система удовлетворяет всем потребностям перевозок городским общественным транспортом, но при высокой скорости, которая всегда актуальна для городского общественного транспорта при малых расстояниях между остановками, передача сил между колесом и путем и между тяговым двигателем и колесной парой не простая. Классическое колесо на путевой структуре может обеспечить движение со скоростями 300—400 км/ч.



Например, французские железные дороги SNCF достигли максимальной скорости 382 км/ч\*.

*Передача тягового усилия с помощью электрического линейного двигателя.* Линейный тяговый двигатель имеет первичную и вторичную обмотку (рис. 2.31). Принцип линейного индуктивного двигателя можно пояснить простейшей физической схемой (рис. 2.32). Между полюсами электромагнита свободно повешены петли проводника, а в момент включения магнитов они отклоняются по направлению стрелки. Это явление вызвано тем, что по направлению вниз действующие индуктивные силовые линии электромагнита изменением поля между концами проводника вызывают появление тока, который имеет круговое магнитное поле, взаимодействующее с исходным магнитным полем. Справа от проводника силовые линии обоих магнитных полей совпадают, возникает отталкивающее действие, а слева от проводника возникает взаимное притяжение. Это явление возникает лишь тогда, когда магнит включен.

Линейный двигатель состоит из электромагнитов, которые последовательно включаются и выключаются в определенном порядке, в результате чего вдоль путей структуры возникает продольное (линейное) перемещающееся магнитное поле. Оно индуцирует в электрических цепях путевой структуры вихревой электрический ток. Магнитное поле электрического тока в силовом взаимодействии с магнитным полем электромагнита, жестко соединенного с транспортным средством, вызывает поступательное движение транспортного средства.

---

\* В 1990 г. рекорд скорости, установленный на SNCF, составил 512 км/ч (прим. перев.).

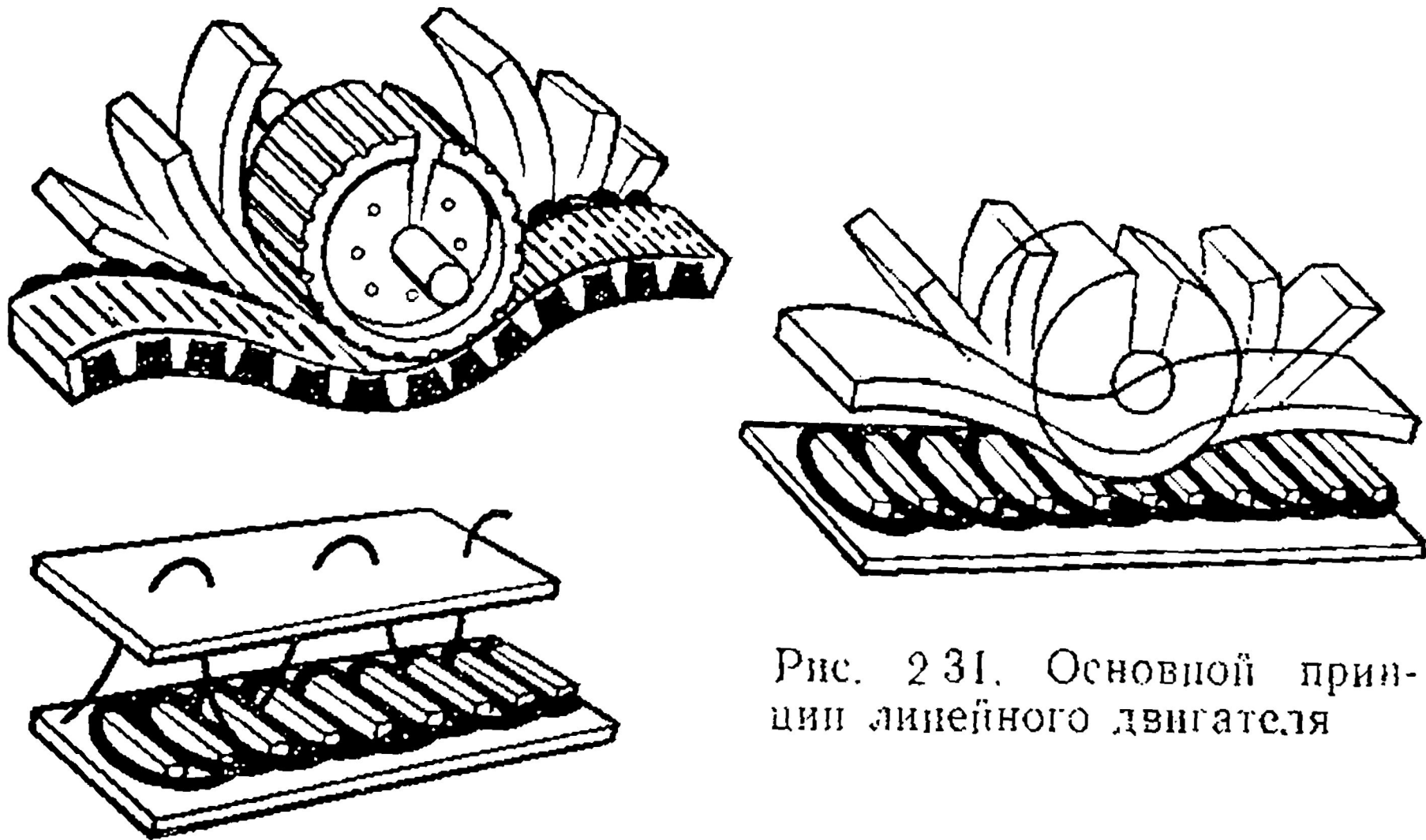


Рис. 231. Основной принцип линейного двигателя

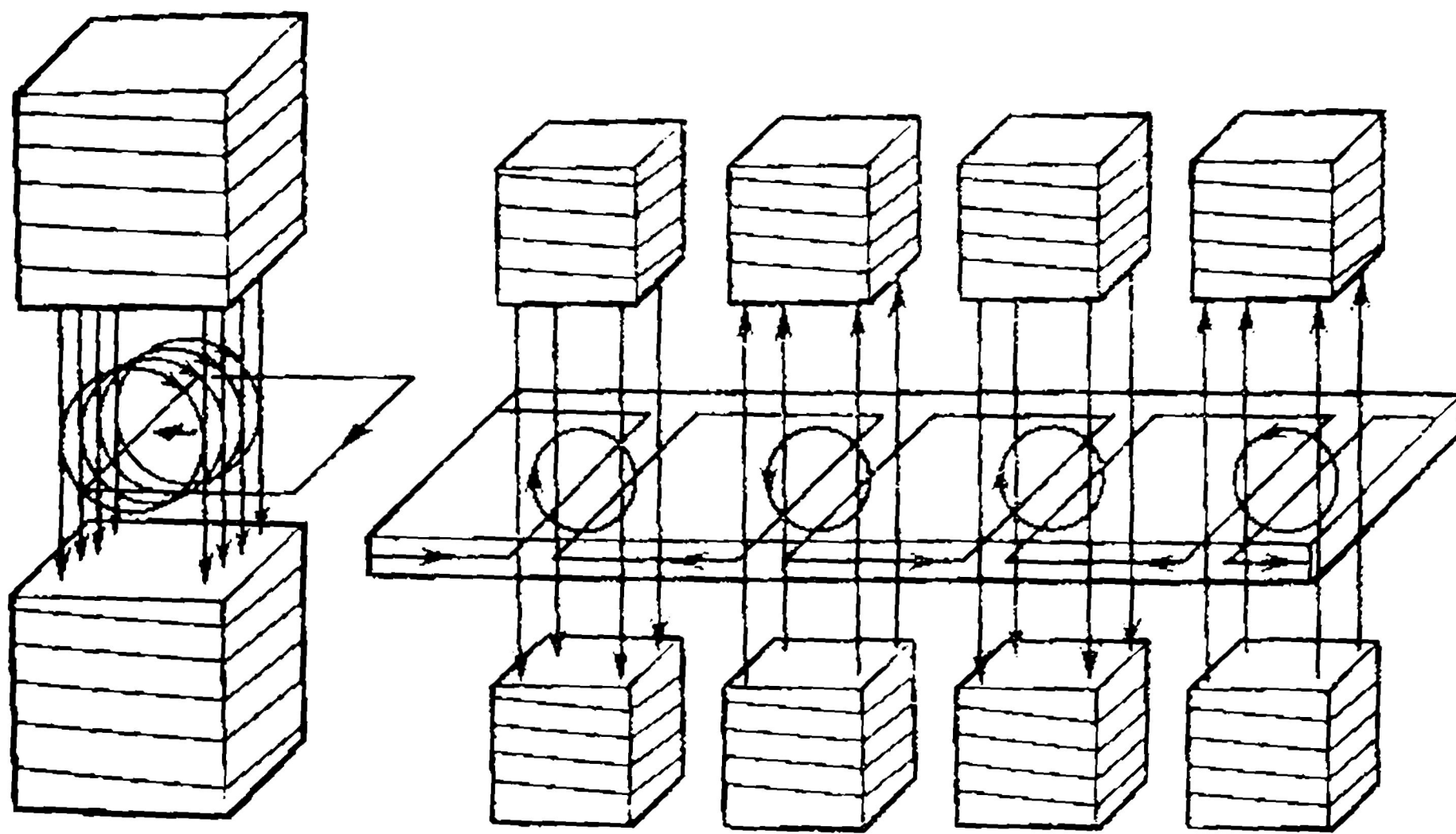


Рис. 232. Общая функциональная схема работы линейного двигателя

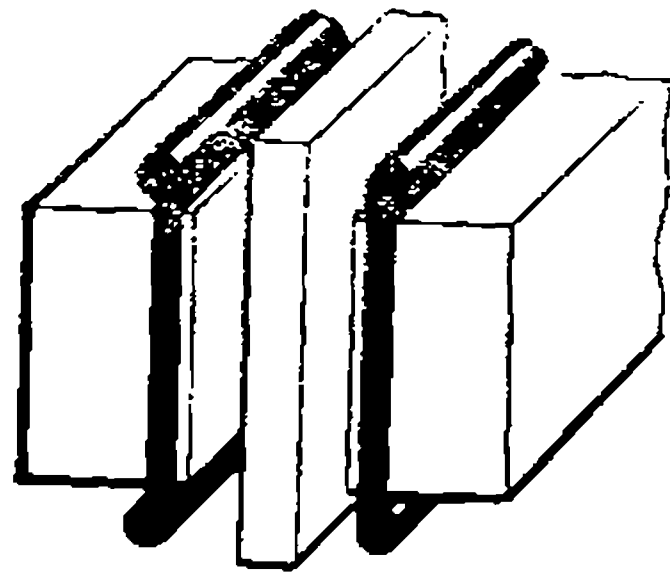


Рис. 2.33. Элемент линейного асинхронного двигателя

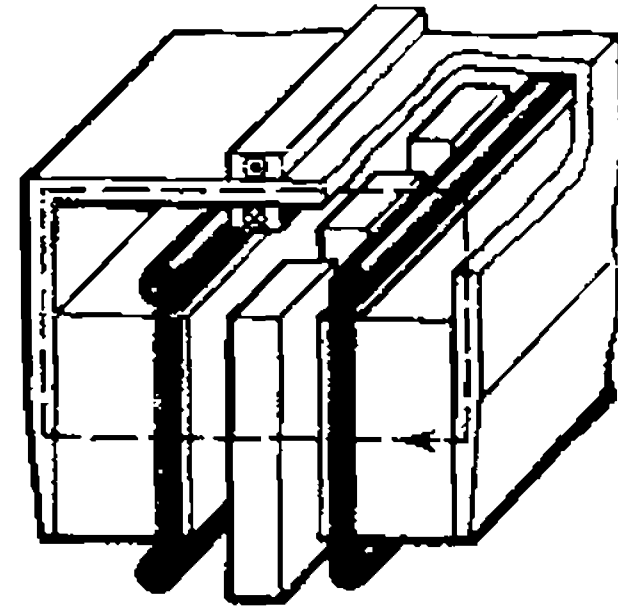


Рис. 2.34. Элемент линейного синхронного двигателя

Различают два типа линейных тяговых двигателей переменного тока: асинхронный (рис. 2.33) и синхронный (рис. 2.34).

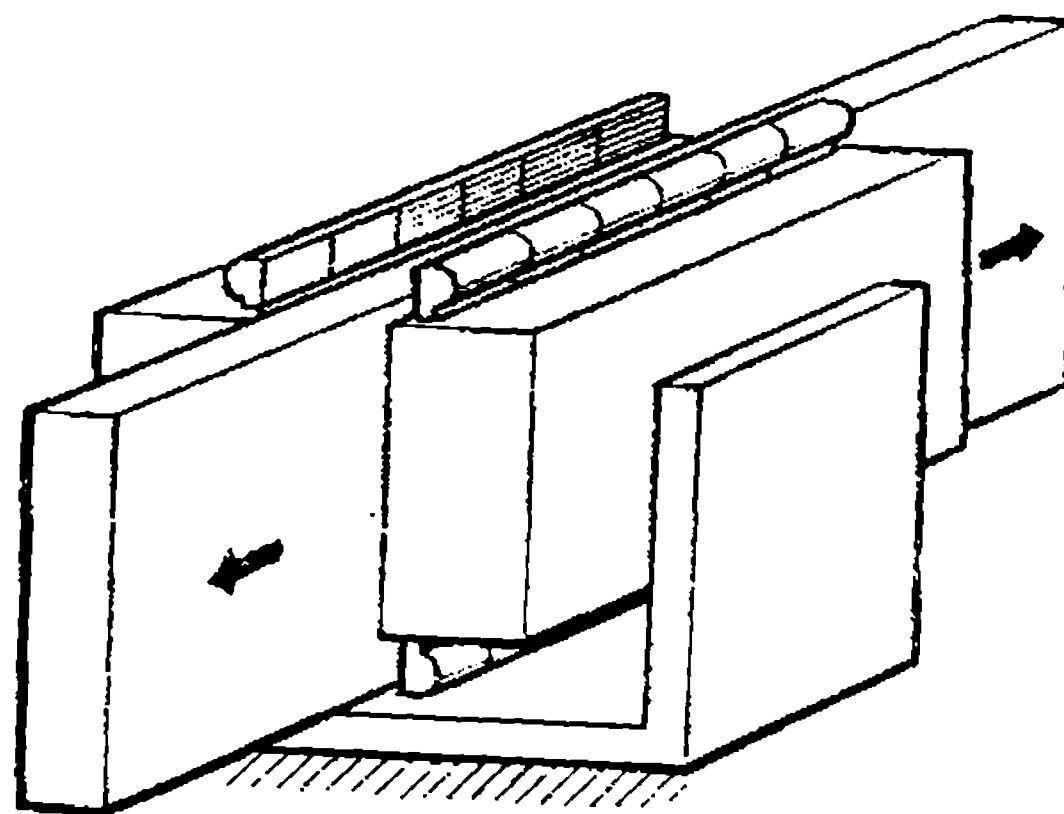
Преимущество *синхронного* двигателя состоит в том, что при благоприятном возбуждении энергия может возвращаться в сеть переменного тока. Достоинства конструкции синхронного двигателя — это более высокая эффективность, до 90%\* и меньшая чувствительность к увеличению воздушного промежутка между транспортным средством и путевой структурой, который требуется по условиям движения.

При *асинхронном* двигателе на повышение эффективности влияет воздушный зазор между первичной и вторичной обмотками. По существу при асинхронном двигателе первичной обмоткой может быть неподвижная путевая структура, а вторичной — часть, размещенная на транспортном средстве.

В отношении эффективности неважно, вызвана тяговая сила обратной схемой, т. е. первичной частью обмотки двигателя на транспортном средстве или неподвижной вторичной обмоткой на путевой структуре (рис. 2.35 и 2.36).

\* Речь по-видимому идет о к. п. д. (прим. науч. ред.).

Рис. 2.35. Короткий ротор линейного двигателя с реактивным стержнем на транспортном средстве



Преимущества подвижного поля:  
бесконтактное возбуждение силы тяги, возможное при любых системах опирания и направления;  
скорость двигателя не ограничена действием центробежной силы;  
нет изнашивающихся частей (зубчатых колес, подшипников);  
нет вибрации, низкий уровень шума и выхлопных газов;

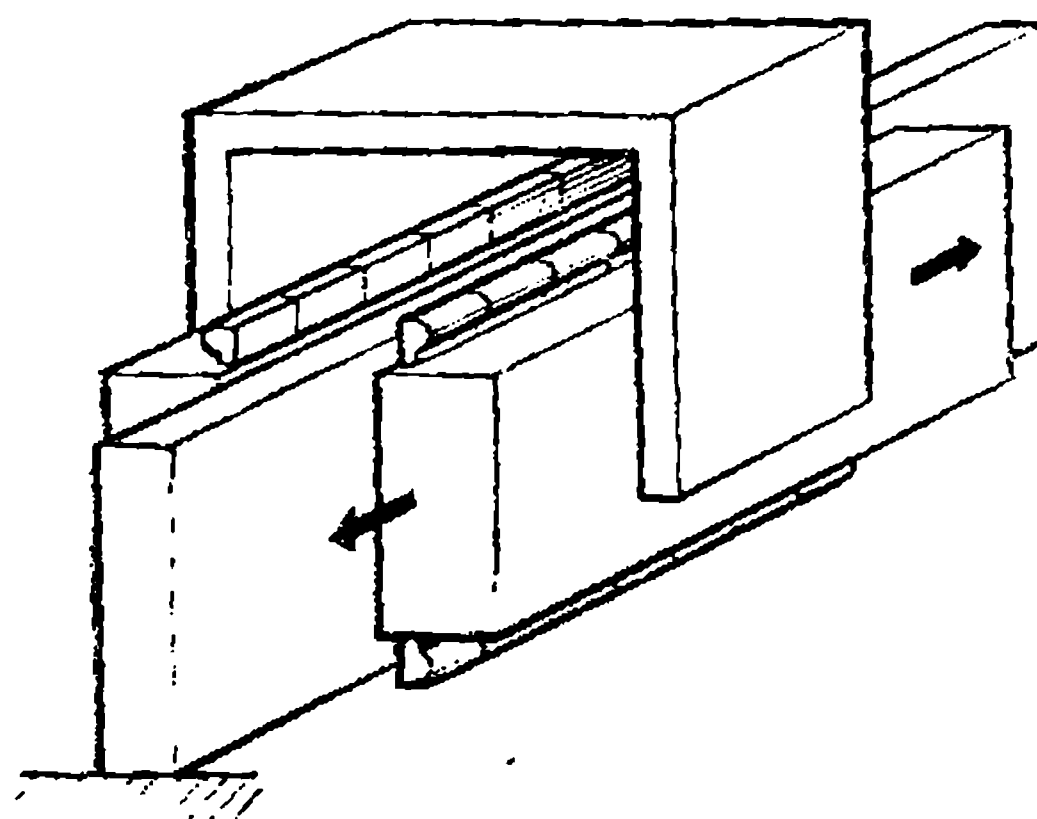


Рис. 2.36. Короткий статор линейного двигателя с жестким реактивным стержнем

меньшая масса движущихся частей, поскольку лишь часть двигателя размещена на транспортном средстве. Тем самым обеспечивается большее ускорение и подъем;

благоприятные температурные соотношения.

Недостаток подвижного поля — высокие капитальные вложения на тягу, поскольку часть двигателя должна быть размещена на путевой структуре.

Еще одним нетрадиционным способом тяговых систем является *аэродинамический*. Движение транспортных средств обеспечивается сжатым или циркулирующим воздухом (газом). К этой группе относятся винтовой двигатель, турбинный привод, сопловый двигатель, линейная турбина. Эту классификацию можно дополнить, но, в связи с тем что речь пойдет о двигателях для крупных транспортных средств, а перевозки обеспечиваются на большие расстояния, такие системы далее не рассматриваются. Они не могут быть использованы для городского общественного транспорта.

## **В. Тормозные системы**

Безопасность перевозок, транспортных средств и пассажиров зависит от качества тормозов и от способа торможения. Отдельные тормозные системы должны тормозить подвижной состав на кратчайшем пути, причем важную роль здесь играет человеческий фактор. Максимально допустимое торможение —  $1,7 \text{ м/с}^2$ , а при экстренном торможении —  $5\text{—}6 \text{ м/с}^2$ . Такие высокие значения связаны с длительностью воздействия. Минимальные значения при служебном и экстренном торможении регламентируются Правилами технической эксплуатации местных путей сообщения и Пра-



Рис. 2.37. Классификация тормозных систем для новых высокоскоростных транспортных средств

вилами технической эксплуатации метрополитена. Для новых транспортных систем до сих пор соответствующие требования не выработаны.

При высоких скоростях движения, кроме прямого торможения, важную роль играет то, что при мгновенном выключении тягового двигателя возникает резкое торможение, вызванное сопротивлением воздуха, которое зависит от скорости во 2-й степени. Речь идет не об ускорении, а об изменении ускорения во времени ( $\text{м/с}^3$ ), что очень неблагоприятно влияет на пассажиров.

Классификация тормозных систем, требующих и не требующих энергопривода, для новых высокоскоростных транспортных средств приведена на рис. 2.37.



### **3. НОВЫЕ ТРАНСПОРТНЫЕ СИСТЕМЫ ДЛЯ ГОРОДСКОГО ОБЩЕСТВЕННОГО ТРАНСПОРТА**

#### **3.1. МАЛЫЕ КАБИННЫЕ СИСТЕМЫ**

В разделе 1.3 приведены требования, обеспечивающие выполнение основных условий эксплуатации новых транспортных средств. Требования перевозки и доставки можно выполнить, если новые транспортные системы будут более привлекательными, чем индивидуальный транспорт, в эксплуатационном и экономическом отношении менее обременительными, и технически реализуемы не только принципиально, но и в практических условиях. Характерные признаки новых транспортных систем приведены на рис. 2.1, 2.2, 2.3 и 2.4.

Конкурирующая транспортная система должна удовлетворять таким требованиям, как сокращение времени хода, прямое сообщение (без пересадок и многочисленных стоянок). Это требование может быть осуществлено при наличии достаточного числа транспортных средств. Они должны быть безопасны и комфортабельны, только с местами для сидения. Условия поездки должны быть лучше, чем при использовании индивидуального автомобиля.

Техническая осуществимость должна быть на таком уровне, который не вызывает никаких технических проблем. При решении данной задачи должны быть проработаны проблемы современных транспортных средств. Строительство путевых структур должно быть быстрым и с наименьшими издержками. Требуемые капитальные вложения зависят от привлекательности и технической осуществимости.

В первом разделе новые транспортные системы объединены в пять главных групп. К ним добавлены две группы классических транспортных систем.

Малые кабины образуют одну из транспортных систем. Их цель — это заполнение пробела между высокопроизводительными системами городского общественного транспорта и индивидуальными транспортными средствами.

Малые кабинные системы имеют следующие особенности: автоматическое управление движением; прямая доставка от пункта отправления к пункту назначения без пересадок; транспортное средство (кабина), как правило, движется до определенной станции; места в кабинах только для сидения (2—6 мест); высокая скорость доставки обеспечивается тем, что пассажиру не приходится тратить время на ожидание, а кабина останавливается только на тех станциях, где есть посадка или высадка; полная или значительная индивидуальность перевозки пассажиров; внутреннее оборудование кабины, аналогичное комфорту индивидуального автомобиля; схема станций соответствует принципу *OFF-LINE* (рис. 3.1); бесшумность движения; поскольку в кабине предусмотрены места для сидения, допускаются более высокие ускорения и замедления при разгоне и тормо-

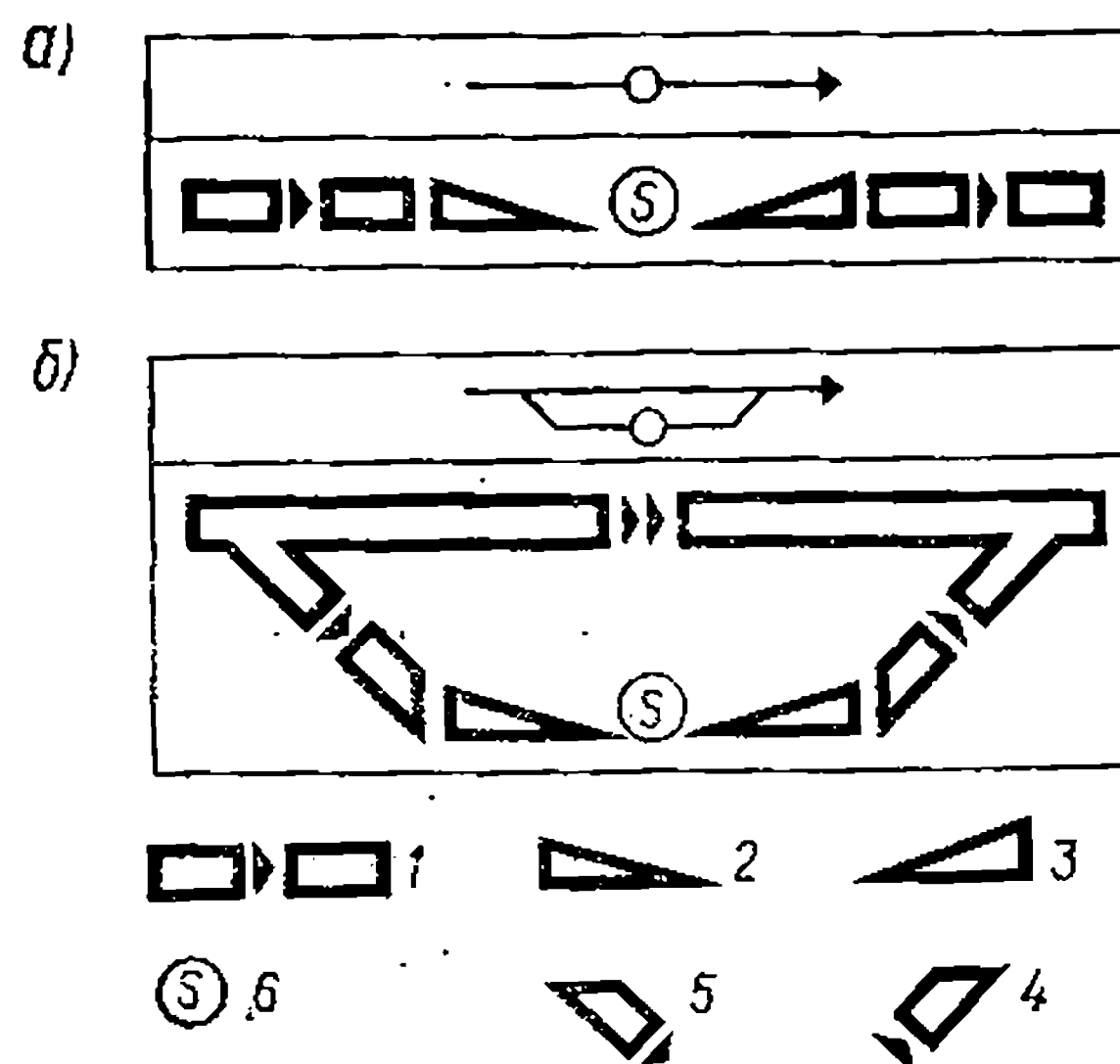


Рис. 3.1. Основные схемы станций для кабинных систем:  
*a* — *ON-LINE*; *б* — *OFF-LINE* 1 — движение со скоростью  $v_f$ ; 2 — торможение от  $v_f$  до 0; 3 — разгон от  $v_f=0$  до  $v=v_f$ ; 4 — выход на главный путь; 5 — отклонение от главного пути на боковой; 6 — станция

женни; в кабине можно индивидуально регулировать температуру и вентиляцию; при устройстве путей структур можно использовать более благоприятные элементы трассирования; возможно более чёткое приспособление к потребностям в перевозках с учетом коэффициента трения можно устраивать путей структуры выше уровня земной поверхности (использование линейных двигателей исключает буксование в любых погодных условиях); колесо и путей структура выполняют только опорную и направляющую функции.

Основной особенностью конструкции таких транспортных систем является автоматическое управление на фиксированной трассе. Станции размещают

ся параллельно главному пути, причем необязательно, чтобы соответствующим образом заполненная кабина имела остановки между станциями. Речь идет только о малых транспортных средствах, т. е. кабинах, которые обращаются только между пунктом отправления и пунктом назначения. Кабины доступны в любой момент времени на любой станции.

Производительность такой транспортной системы (малых кабин) зависит от вместимости кабин и от минимально возможного интервала движения.

Минимальное расстояние между двумя кабинами зависит от тормозного пути при одновременной остановке движущихся транспортных средств:

$$L_{\min} = L_k + L_b + t_r v_t + \frac{v_t^2}{2b},$$

где  $L_k$  — длина кабины, м;  
 $L_b$  — безопасное расстояние, м;  
 $t_r$  — время реакции автоматической системы, с;  
 $v_t$  — скорость движения, м/с;  
 $b$  — ускорение, м/с<sup>2</sup>.

Когда  $L_b$  и  $t_r$  равны нулю, получим верхнюю границу производительности.

Провозная способность пути, кабин/ч,

$$Q = \frac{3600}{\frac{L_k}{v_t} + \frac{v_t}{2b}}.$$

Теоретическая пропускная (кабин/ч) и провозная (перевозочная) способность (кабино-км/ч), т. е. число километров, выполненных кабиной в час при длине кабины 2 м, установлении замедления 2,5

м/с<sup>2</sup> и разных скоростях движения приведена в табл. 3.1. Из графика (рис. 3.2) следует, что пропускная способность возрастает до максимальной (при малых скоростях), а затем падает. Такой вид кривой зависит от скорости во 2-й степени и от приращение длины тормозного пути. Провозная способность (кабино-км/ч) в зависимости от скорости сначала быстро растет, а при высоких скоростях приращение замедляется.

При рассматриваемых кабинных системах наиболее выгоднейшие скорости движения находятся в диапазоне от 30 до 40 км/ч. Это определенный компромисс между пропускной и провозной способностью. В таком диапазоне скоростей обеспечивается пропуск 1500 кабин/ч. Это значение приблизительно соответствует числу автомобилей в час, движущихся в одном направлении по свободной дороге. В движении все время должны быть свободные кабины, чтобы в определенные моменты времени они были в распо-

Таблица 3.1

Скорость, км/ч	Пропускная способность, кабин/ч	Провозная способность, кабино-км/ч	Скорость, км/ч	Пропускная способность, кабин/ч	Провозная способность, кабино-км/ч
5	2095	10 475	45	1353	60 885
10	2822	28 220	50	1232	61 600
15	2741	41 115	55	1130	62 150
20	2447	48 940	60	1043	62 580
25	2147	53 675	65	977	62 855
30	1888	56 640	70	902	63 140
35	1674	58 590	75	845	63 375
40	1499	59 960	80	794	63 520

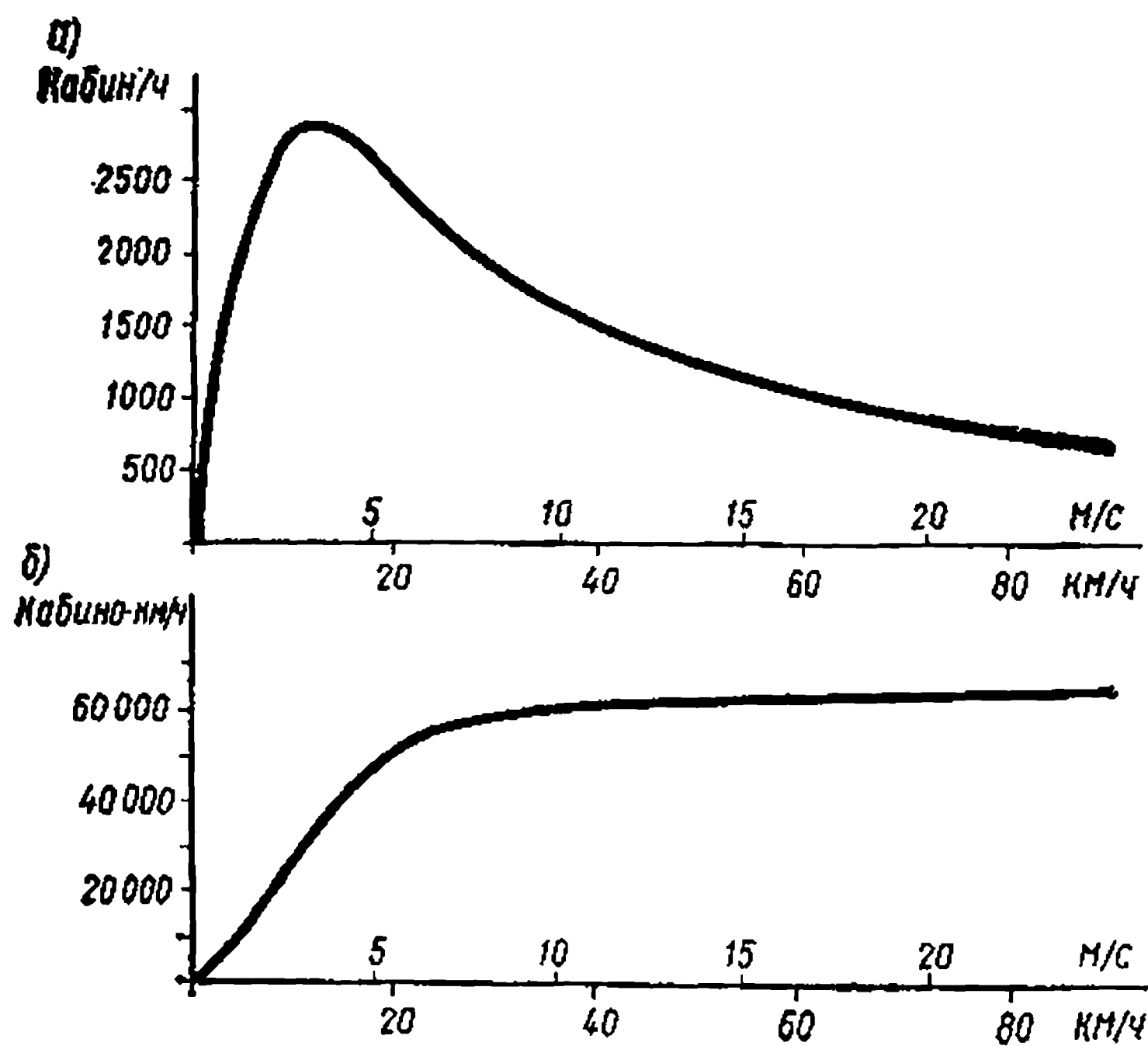


Рис. 3.2. Теоретическая производительность малых кабинных систем на свободном пути в зависимости от пути торможения между кабинами:

а — пропускная способность; б — провозная способность

ряженн на конкретных станциях, а в местах сгущения перевозок в них были свободные места. Провозная способность малых кабин соответствует минимальной провозной способности автобусов. Провозная способность больших кабин аналогична соответствующему показателю автобусов или нижней границе провозной способности классического трамвая. Более точное сравнение невозможно, поскольку рассматриваются разные транспортные системы с разной структурой транспортной сети.



Максимальные ускорения и замедления кабинных транспортных систем с местами только для сидения выше, чем других систем общественного транспорта с местами для сидения и стояния.

Ускорение,  $\text{м/с}^2$ , при торможении:

	служебном	экстренном
Стоящие пассажиры	1,3	3,0
Только сидящие пассажиры	2,5	5,0

Одна из основных характеристик кабинных систем — это возможность остановки только в определенных пунктах посадки и высадки. Остальные станции, как правило, проследуются без остановки. Кабина останавливается только на станциях, где согласно заданной программе предусмотрена посадка или высадка. Посадочные платформы расположены сбоку от главного пути (см. рис. 3.1). Для обозначения такой схемы станций в специальной литературе используется понятие *OFF-LINE-STATION* в отличие от классической схемы (*ON-LINE-STATION*) (рис. 3.3). При такой организации кабинных перевозок достигается максимальная маршрутная скорость движения 30 км/ч и максимальная скорость движения в часы «пик» 36 км/ч.

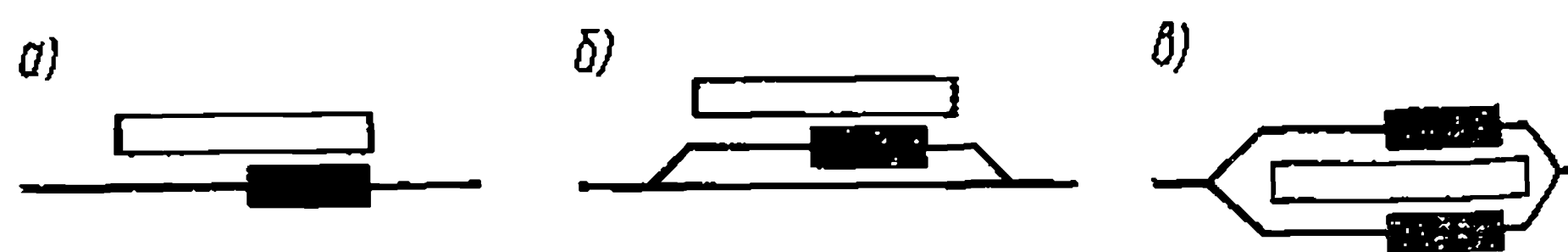


Рис. 3.3. Основные схемы расположения платформ на станциях  
*а* — станция *ON-LINE*; *б* — станция *OFF-LINE*; *в* — парная станция *ON-LINE*

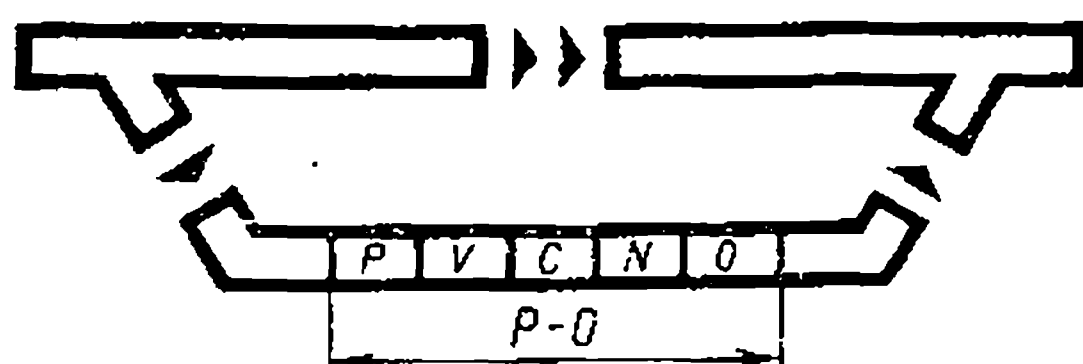


Рис. 3.4. Технологическая схема станции *OFF-LINE* и разделение района обработки:

*P* — въезд (место ожидания); *V* — высадка; *C* — межостановочное пространство; *N* — посадка; *O* — отправление (место ожидания); *P-O* — место обработки

К рис. 3.1 присоединим рис. 3.4, где показаны ответвления путей и способ обработки кабин на станциях посадки и высадки. Такая схема станции позволяет повысить маршрутные скорости, которые приближаются к средней скорости движения между станциями посадки и высадки.

Схемы станций посадки и высадки пассажиров могут быть последовательные или параллельные (рис. 3.5).

Длина станции зависит от числа останавливающихся кабин и длины тормозного пути, которая зависит от скорости замедления и разгона. При определенной скорости длина станций составляет 80—100 м (рис. 3.6). Проектировщики предполагают, что расстояние между станциями рассматриваемых дорог будет 400—700 м, что соответствует 3—5 мин ходьбы.

Путевые структуры в большинстве случаев двухпутные, а кабины либо опираются на них, либо повешены к ним. Путевая структура размещается на стойках или рамах такой высоты, чтобы под соответствующей кабиной было свободное пространство для пропуска уличных транспортных средств. Важно, чтобы этот габарит соответствовал габариту уличных

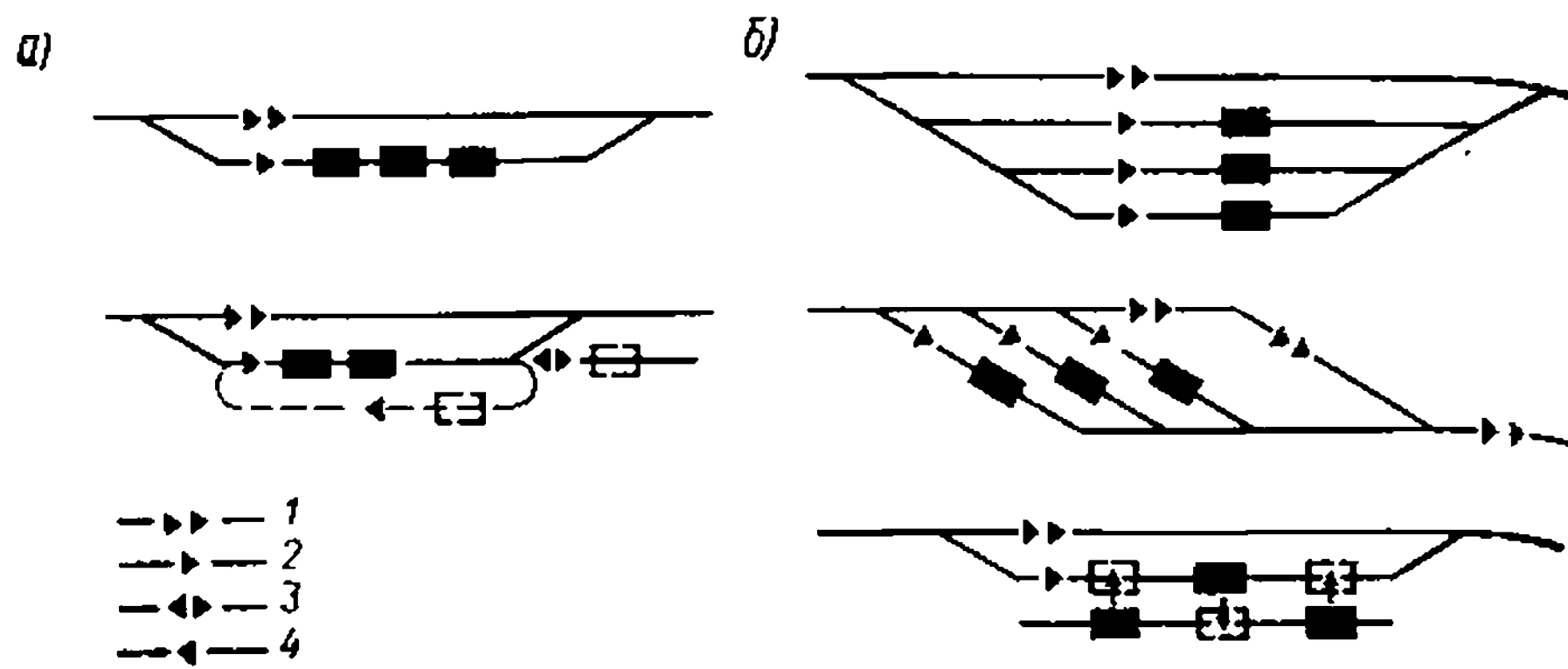


Рис. 3.5. Примеры последовательной (а) и параллельной (б) обработки кабин на станциях *OFF-LINE*:  
 1 — главный путь; 2 — станционный путь; 3 — путь отстоя; 4 — место ожидания

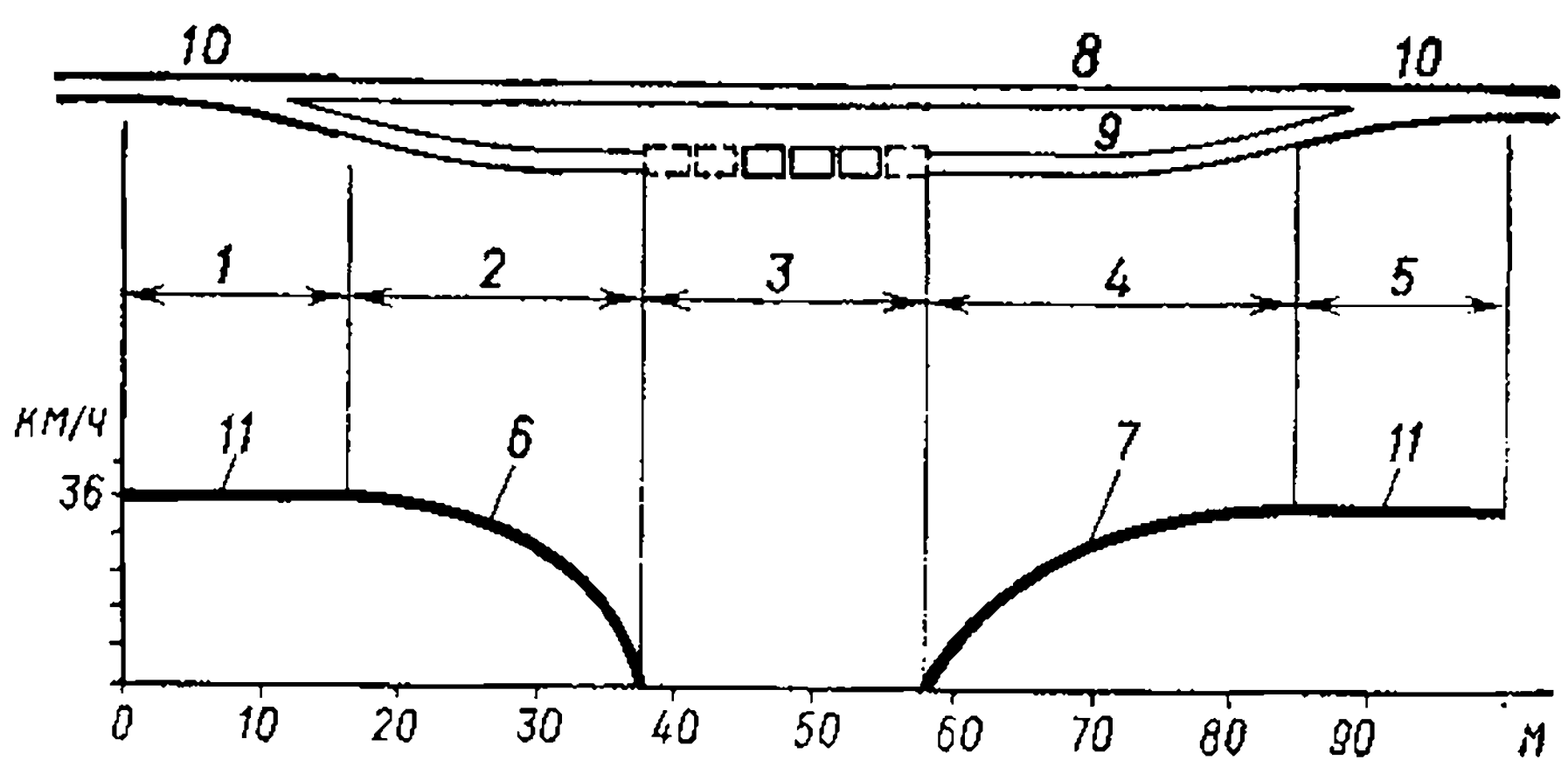


Рис. 3.6. Динамическая характеристика размеров станции кабинной системы:  
 1 — зона разветвления путей; 2 — участок пути для замедления; 3 — зона обработки; 4 — участок пути для разгона; 5 — зона соединения путей; 6 — замедление  $v=2,5 \text{ м/с}^2$ ; 7 — ускорение  $v=2,0 \text{ м/с}^2$ ; 8 — главный путь; 9 — станционный путь; 10 — стрелка; 11 — скорость движения

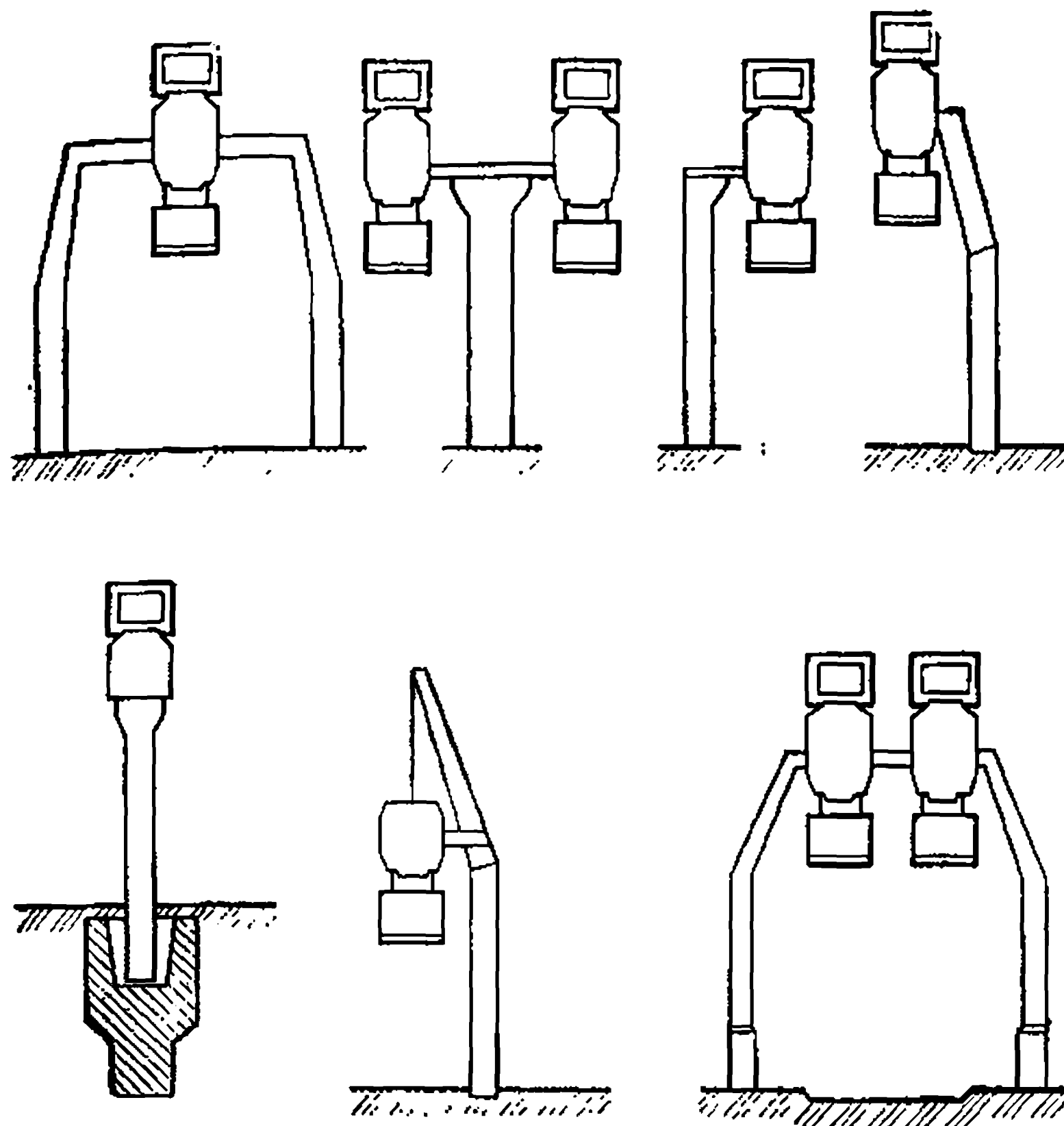


Рис. 3.7. Способы расположения путевых структур кабинных систем на стойках и рамах

транспортных средств. Различные способы размещения путевых структур приведены на рис. 3.7.

Путевая структура служит для опирания и управления кабинами, передает тяговые и тормозные силы, а также вертикальные и горизонтальные нагрузки. Внутри путевой структуры в большинстве случаев размещено оборудование энергоснабжения и для передачи информации. На рис. 3.8 показано сечение путевой структуры опирающейся и подвешенной ка-

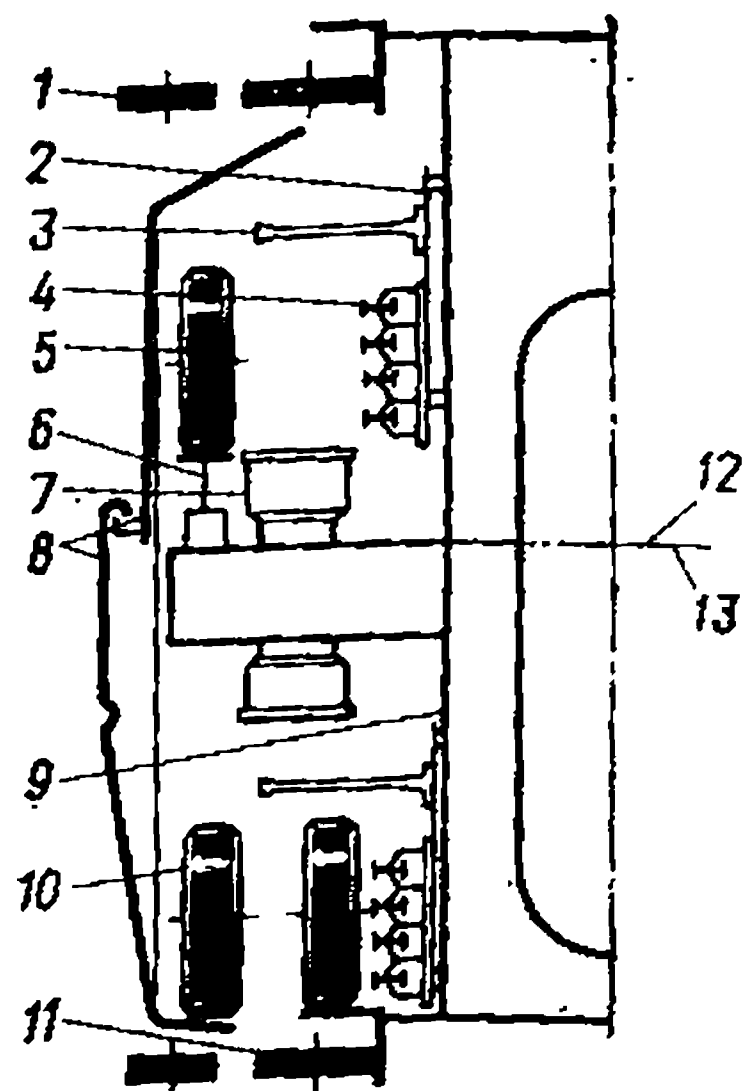
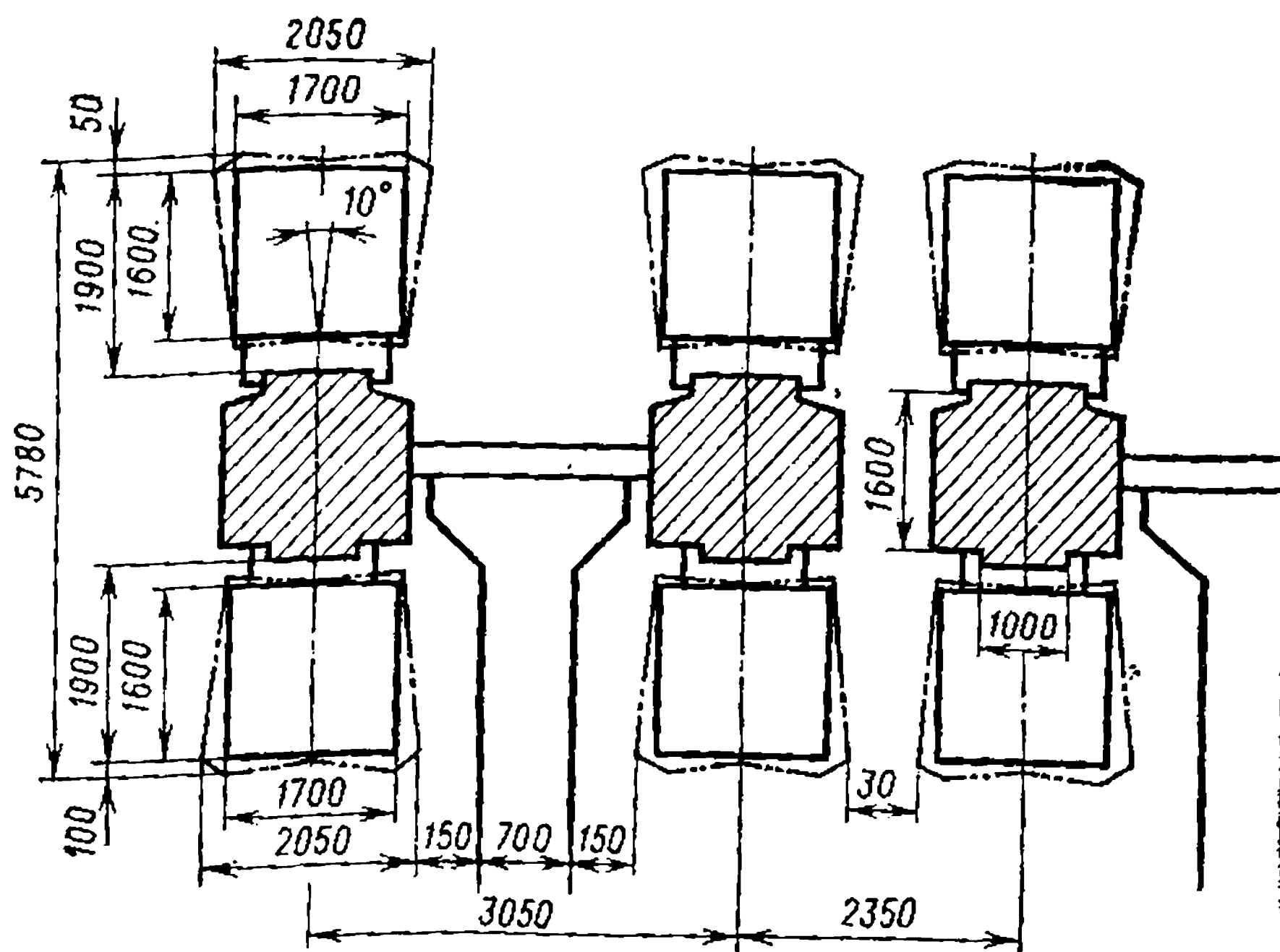


Рис. 3.8. Поперечное сечение путе-  
вой структуры системы *C-Bahn*:

1 — направляющее колесо; 2 — монтаж-  
ная плата; 3 — вторичный провод; 4 —  
тяговый провод; 5 — несущее колесо;  
6 — несущий рельс; 7 — передача сиг-  
налов; 8 — кожух путевой структуры;  
9 — несущая часть пути; 10 — несущее  
колесо нижней кабины; 11 — ведущее  
колесо; 12 — верхний уровень дороги;  
13 — нижний уровень движения

Рис. 3.9. Основные размеры опор-  
ной и подвешенной кабины и рас-  
стояния между кабинами системы  
*C-Bahn*



бин системы *S-Bahn*. Основные размеры путевой структуры и кабины приведены на рис. 3.9.

Для достижения высокой пропускной способности кабинных систем, т. е. для обеспечения малого интервала или большой густоты движения, стрелочные переводы не должны быть ограничивающим фактором. При классическом стрелочном переводе последовательность пропуска поездов зависит от интервала между освобождением зоны стрелочного перевода от первого поезда и изменением положения стрелочного перевода для следующего транспортного средства. На рис. 3.10 показаны четыре основных способа управления транспортным средством в зоне стрелочного перевода.

В кабинных системах при высокой густоте движения концепция движения металлического колеса по металлическому рельсу при медленном переводе (0,8—1,5 с) нецелесообразна.

Пассивные стрелочные переводы позволяют управлять направлением движения кабины с помощью

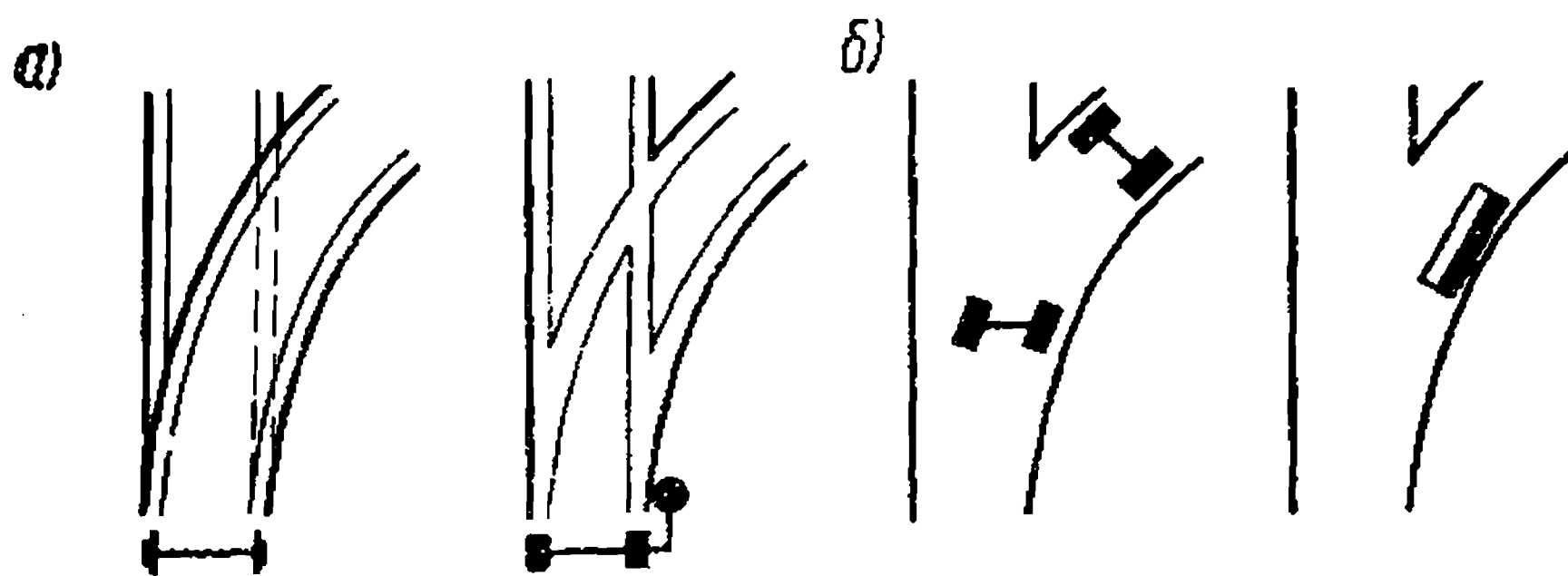


Рис. 3.10. Способы управления транспортным средством в зоне стрелочного перевода:

*a* — управление с помощью рельса; *b* — управление от транспортного средства (пассивная стрелка)



активного элемента, например направляющего ролика. Управление роликами осуществляют заранее, перед стрелочными переводами, чтобы не влиять на движение по стрелкам. Направленне движения данного транспортного средства может задаваться механически или с помощью магнитных устройств. Управление кабинами с помощью силы трения между колесом и путевой структурой в условиях рассматриваемой системы неприемлемо, потому что не всегда обеспечивается безошибочное направление движения по стрелочному переводу, например в зимних условиях.

Из показанных схем стрелочных переводов для кабиных систем наиболее целесообразны те, которые имеют жесткие стрелки. Наивысшая производительность обеспечивается при управлении направлением движения с помощью элементов на транспортном средстве.

К пассивным стрелочным переводам относятся те, в которых направление движения задается с транспортного средства при помощи магнита (рис. 3.11, а) крюка или направляющего ролика (рис. 3.11, б).

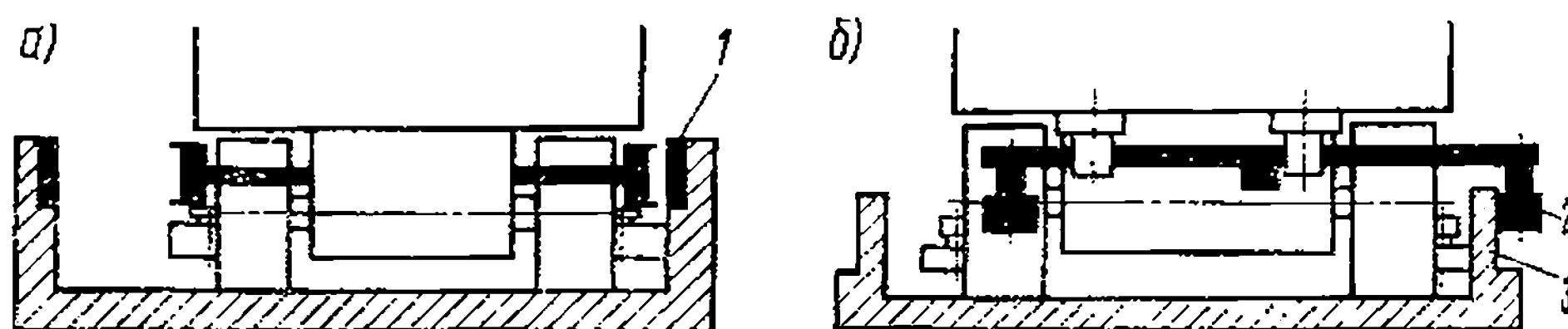


Рис. 3.11. Управление транспортным средством на пассивном стрелочном переводе:

а — с помощью магнита; б — с помощью ролика; 1 — электромагнит на стыке с магнитным элементом; 2 — ролик; 3 — рельс

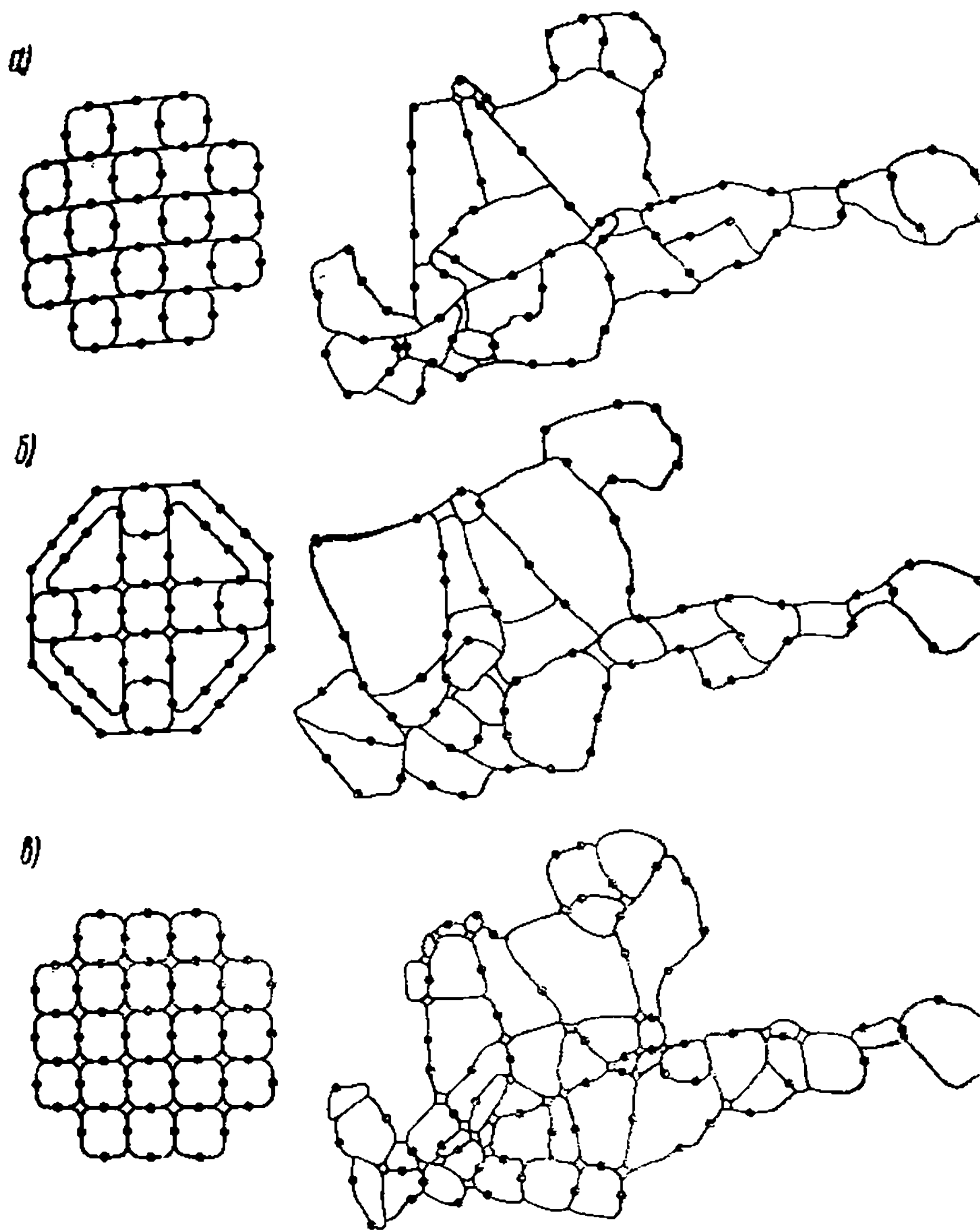


Рис. 3.12. Теоретические схемы путевой сети малых кабинных систем и соответствующее начертание реальной сети в г. Марл:  
 а — осевая; б — радиальная; в — ячейчатая

Транспортная сеть при малых кабинных системах может быть разделена на три главных группы: осевая, радиальная и ячеистая (рис. 3.12).

Выбор конкретного типа сети зависит от доступности станций в отдельных районах города, причем должны быть удовлетворены требования доставки пассажиров.

В процессе перевозок должны выполняться следующие основные функции управления: управление на станциях; управление на конкретном пути и управление на всей сети.

В конце 70-х годов в данной области наиболее передовыми были проекты *Sabtrac*, *CAT*, *CVS* и *TTI*. С определенными модификациями управление в этих транспортных системах можно разделить на три уровня, что позволит показать отдельные функции управления:

*кабинное управляющее устройство* — управление дистанцией;

*локальное управляющее устройство* — управление работой станции, приемом транспортных средств и отклонением на боковой путь;

*общее управляющее устройство* — распределение транспортных кабин, задание маршрута в зависимости от фактической и ожидаемой занятости путей, данные о скорости, выявление и устранение неисправностей.

На основе описанной системы управления приведем способ прогноза двух транспортных потоков свободных кабин и их распределение. На рис. 3.13 схематически изображена транспортная обстановка при соединении двух потоков  $A+B$ , возникающая при выезде кабин со станции и при слиянии двух путей данной сети.

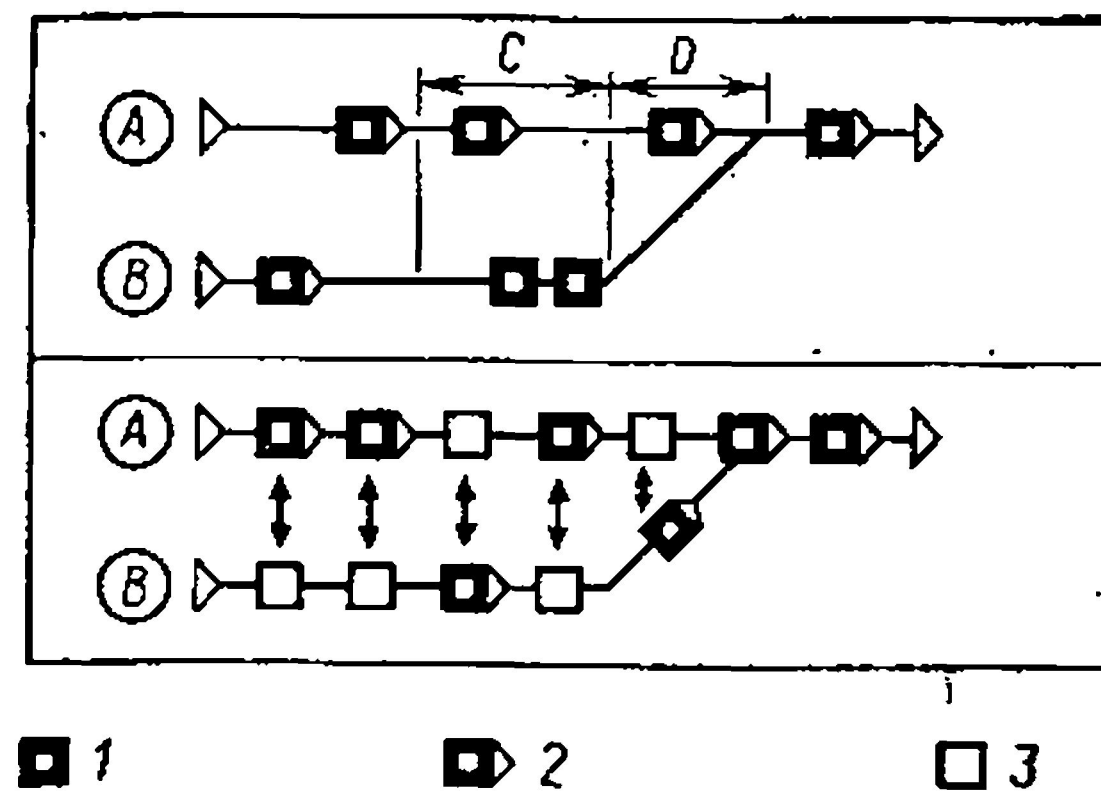


Рис. 3.13. Размещение и регулирование кабинных путей при от-  
правлении с мест ожидания:  
1 — кабина на стоянке; 2 — кабина в движении; 3 — варианты распо-  
ложения транспортных средств; C — место ожидания; D — место от-  
правления

Существуют два основных способа управления: ус-  
тановка отдельных кабин перед местом сцепки двух  
кабин и непрерывный транспортный поток.

Первый способ определяется правилами улично-  
го движения: 1а — предпочтение потока А перед  
потоком В (без вариантов); 1б — управление по вре-  
мени (без вариантов); 1в — вариантное управление  
по времени; 1г — преимущественное движение ка-  
бин, которые в первую очередь проходят определе-  
нный измерительный участок.

Принципиальное решение по 1а с преимуществен-  
ным движением по главным путям предполагает в  
качестве основы схему станции. В верхней части  
рис. 3.13 схематически показан порядок ожидания  
кабинами свободных мест стоянки на путях приема  
(см. рис. 3.1 и 3.4). Варианты 1а—1г легко реали-

зумы. С учетом времени ожидания в период сцепки можно предположить, что маршрутная скорость упадет.

Принимая во внимание предполагаемые нарушения движения, отмеченные в вариантах  $1a-1g$  (см. рис. 3.13 сверху), данную проблему можно решить согласно изображению внизу рис. 3.13. На путях  $A$  и  $B$  расстояния между кабинами  $A$  и  $B$  настолько большие, что отдельные потоки можно объединить без задержки движения, без остановок. При этом необходимо, чтобы загрузка путей  $A$  и  $B$  была меньше мощности пути  $C$  с учетом заданной скорости движения по этому пути. Увеличение расстояния между кабинами на путях не будет способствовать снижению скорости ниже предельных значений, приведенных на рис. 3.2. В противном случае возникло бы нарушение регулярности движения.

Основные требования к распределению свободных кабин следующие. Исходя из условия, что на станциях не должно затрачиваться время на ожидание, нужно предположить, что свободными кабинами будет управлять центральное устройство управления, имеющее полную информацию о фактическом и ожидаемом заполнении отдельных участков пути и станций. Данные о загрузке путей можно получить с помощью ЭВМ. Основа сведений об ожидаемых потребностях в перевозках — это информация о числе проданных проездных билетов. Соотношение между числом проданных билетов и числом пассажиров, которые не сразу по приобретении билетов отправляются в поездку, определяется приблизительно.

Критерием выполнения требования пользователя является соответствие числа транспортных кабин

нужному при неограниченном времени пользования кабинами.

Кроме управления объединением кабины и решения проблемы управления занятыми и свободными кабинами, управляющие системы должны прежде всего определить кратчайшие пути для рассматриваемой загрузки линий. Выполнение этого важнейшего условия обеспечивается тем, что перевозки полностью автоматизированы, кабины небольшие и в случае остановки на станциях немедленно готовы к использованию.

Рассмотрим описание некоторых систем.

**А. Система малых транспортных кабин в центральной Европе** является наиболее широко распространенной. Она создана фирмами Demag Fördertechnik в Веттере и Messerschmitt-Bölkow-Blohm (MBB) в Мюнхене и работает с 1970 г. Фирма MBB разработала и изготовила автоматическую систему и подвижной состав. Фирма Demag построила кольцевую путевую структуру, станции, путевое оборудование и энергоснабжение. В этой системе применена принципиально новая конструкция пути, а также тяговые и поездные агрегаты. Новой является и конструкция стрелочных переводов, автоматических и контрольных устройств.

Кабина двух- и трехместная (рис. 3.14). Она опирается на путевую структуру или подвешивается к ней. Ходовая часть состоит из 8-колесных тележек на резиновом ходу. Тяга обеспечивается линейным двигателем мощностью 5 кВт с регулированием одностороннего движения с помощью специальных ускоряющих и тормозных автоматических устройств. Энергопитание на тяговый двигатель подается с помощью токосъемника троллейбусного типа, разме-



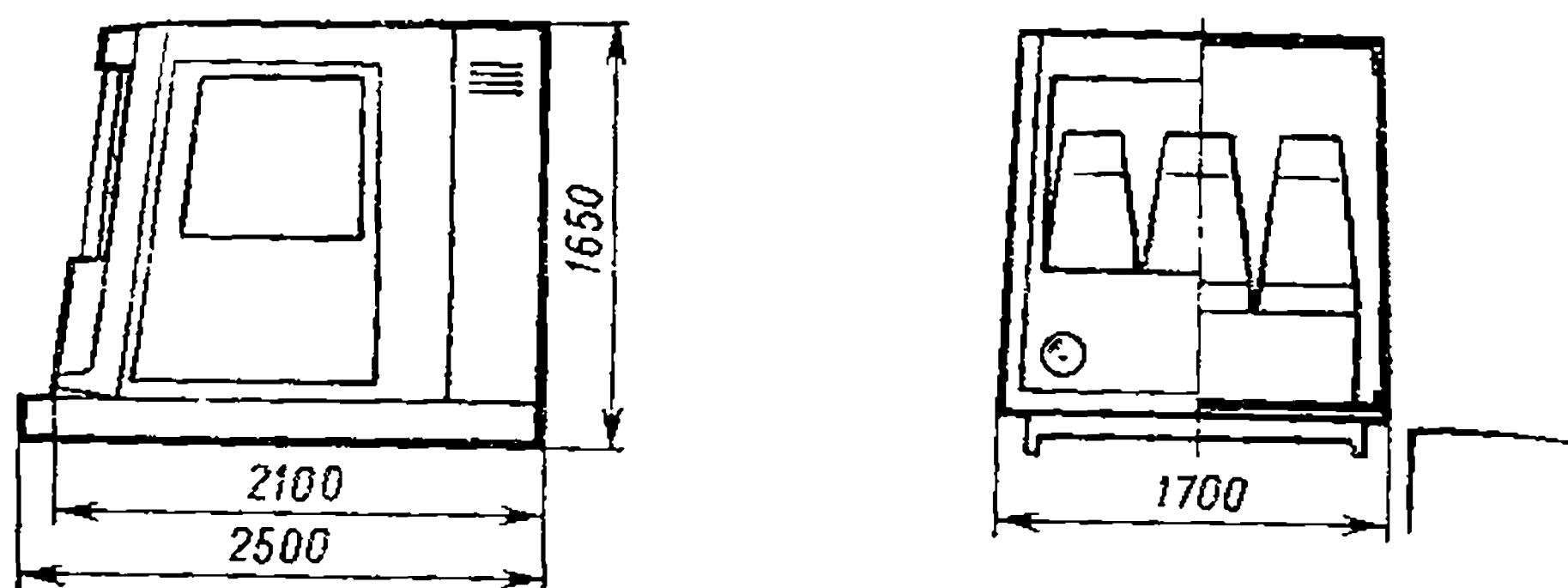


Рис. 3.14. Основные размеры трехместной кабины фирмы Demag

щенного в путевой структуре. Скорость кабины достигает 36—50 км/ч, ускорение  $2,5 \text{ м/с}^2$ .

Нормальное расстояние между опорами 40 м, минимальный радиус кривых 30 м. Максимальный уклон 0,1. Стрелочные переводы сборного типа, без подвижных элементов. Такие стрелочные переводы обеспечивают интервал следования 0,5 с. Станции имеют схему *OFF-LINE*, предопределяющую остановку определенных кабины на соответствующих станциях. Предполагаемое расстояние между станциями 300—800 м. Кабины изготовлены из легких сплавов.

Предполагаемая расчетная мощность 3000—5000 кабин/ч на один путь. Капиталовложения в ценах 1975 г. составляли 2,0—2,5 млн. марок ФРГ на 1 км пути. Цена одной кабины 15 тыс. марок. Эксплуатационные расходы 0,15—0,3 марки на 1 пассажиро-км.

Данная внутригородская транспортная система имеет сеть без пересечений и служит как дополнительная. Предполагается, что пути такой транспортной системы будут иметь малые станции, например,

непосредственно в помещениях торговых зданий (рис. 3.15).

Б. В Великобритании фирма Royal Aircraft Establishment разработала проект системы под названием Cabtrac для центров городов. Тяга электрическая, подвижной состав движется по бетонной U-образной путевой структуре (рис. 3.16). Управление автоматическое с помощью кодированных билетов пассажиров. Кабины четырехместные, с местами только для сидения. Длина кабины 6 м, ширина 1,5 м, высота 2,2 м, масса 0,6 т. Для быстрой посадки-высадки пассажиров предусмотрены двери шириной 1,5 м с обеих сторон кабины. Тяговый двигатель ка-

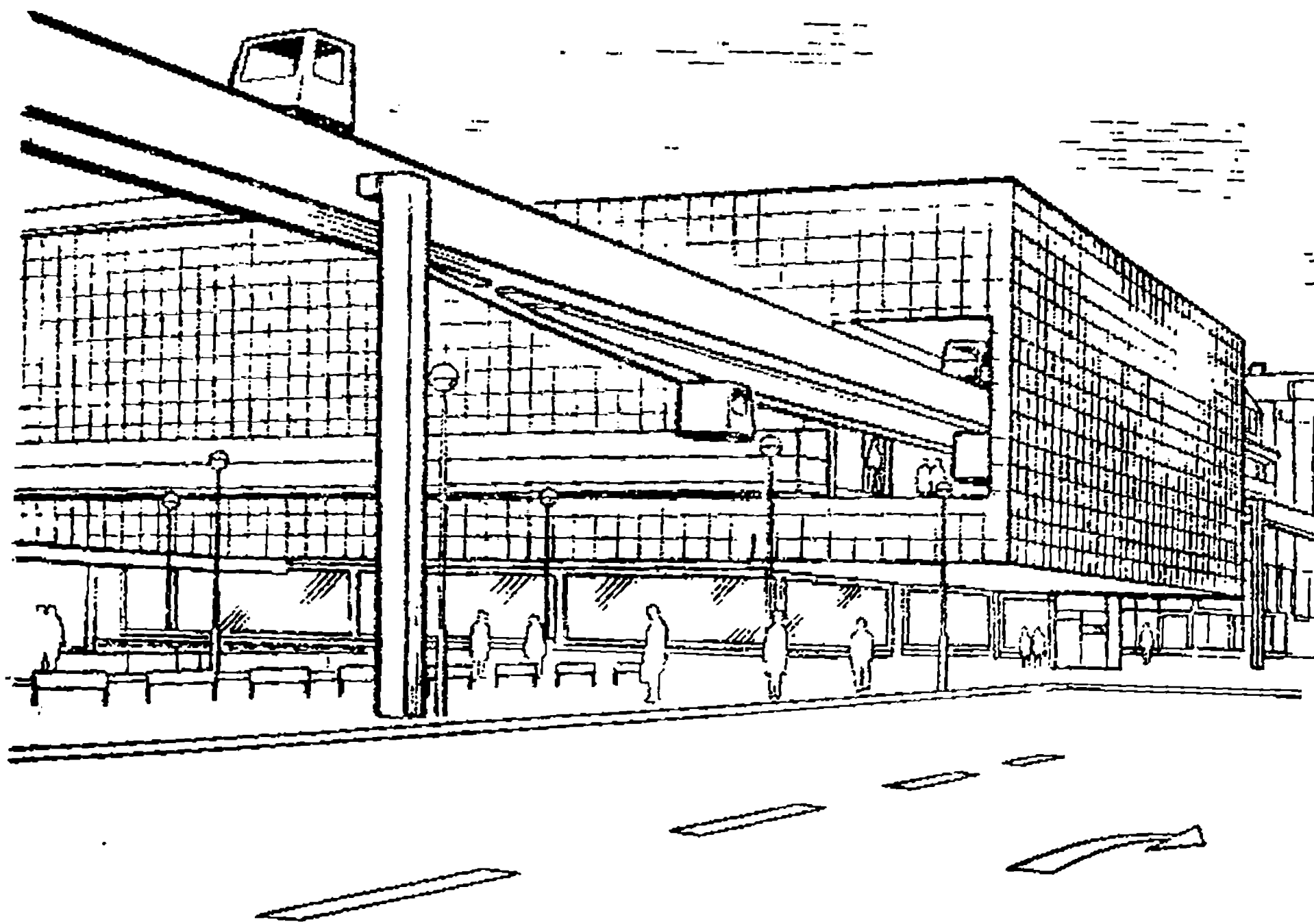


Рис. 3.15. Проект размещения станции Cabtrac в торговом здании

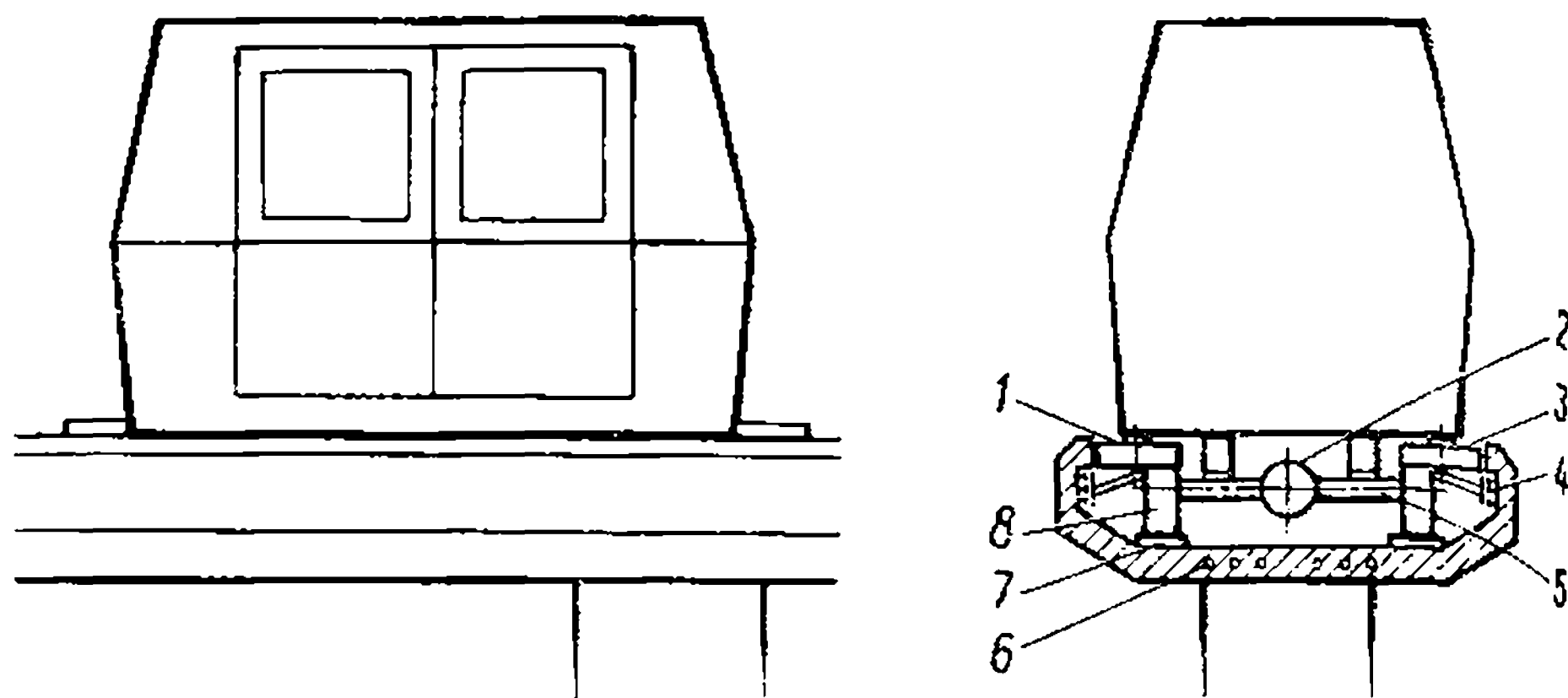


Рис. 3.16. Основная схема кабинной системы *Cabirac*:

1 — направляющее колесо; 2 — дифференциал; 3 — направляющий рельс; 4 — тяговый двигатель; 5 — ось; 6 — контрольная система; 7 — поверхность катания; 8 — несущее колесо

бины вращающийся, обеспечивает ускорение  $2,48 \text{ м/с}^2$ . Максимальная скорость  $70 \text{ км/ч}$ . Считается, что провозная скорость на одну полосу движения составит  $6000 \text{ пассажиров/ч}$ .

**В.** Система *Agamis* (рис. 3.17) была предназначена для эксплуатации в Париже в течение одного лета. При проектировании были обусловлены низкие капитальные вложения и эксплуатационные затраты, минимальное загрязнение окружающей среды, максимально возможная индивидуализация, соответствующие скорость и комфорт. Фирма *Matra* разработала это транспортное средство с учетом возможностей автомобильного производства.

В 1973 г. эта транспортная система была испытана в аэропорту Орли в Париже. Участок пути длиной  $1 \text{ км}$  имел одну станцию со стрелочными переводами и 3 вагона. Вагон имел длину  $2,3 \text{ м}$ , ширину  $1,32 \text{ м}$  и высоту  $1,9 \text{ м}$ . Масса без пассажиров  $0,65 \text{ т}$ ,

полезная нагрузка 0,35 т. Минимальный радиус пути 10 м, а в дело 5 м. Тяговое усилие создается с помощью двух электрических двигателей постоянного тока с напряжением 400 В. Максимальная скорость 50 км/ч. Преобладающие подъемы — до 0,04, максимально допустимые подъемы — 0,1. Ходовая часть на пневматических колесах. Поверхность катания путей структуры бетонная. Движение полностью автоматизированное. Обмен информацией между вагоном и центром управления создает возможность движения вагонов с промежутком 30 см. Максимальная провозная способность 15 000 пассажиров/ч.

Г. Система Capveoog состоит из последовательного ряда кабин, движущихся по одной полосе (рис. 3.18). На станциях имеются эскалаторы, движущиеся со скоростью 2,4 км/ч. Движущаяся полоса имеет длину 12—18 м. Кабины на станции не останавливаются, а лишь притормаживаются до скорости

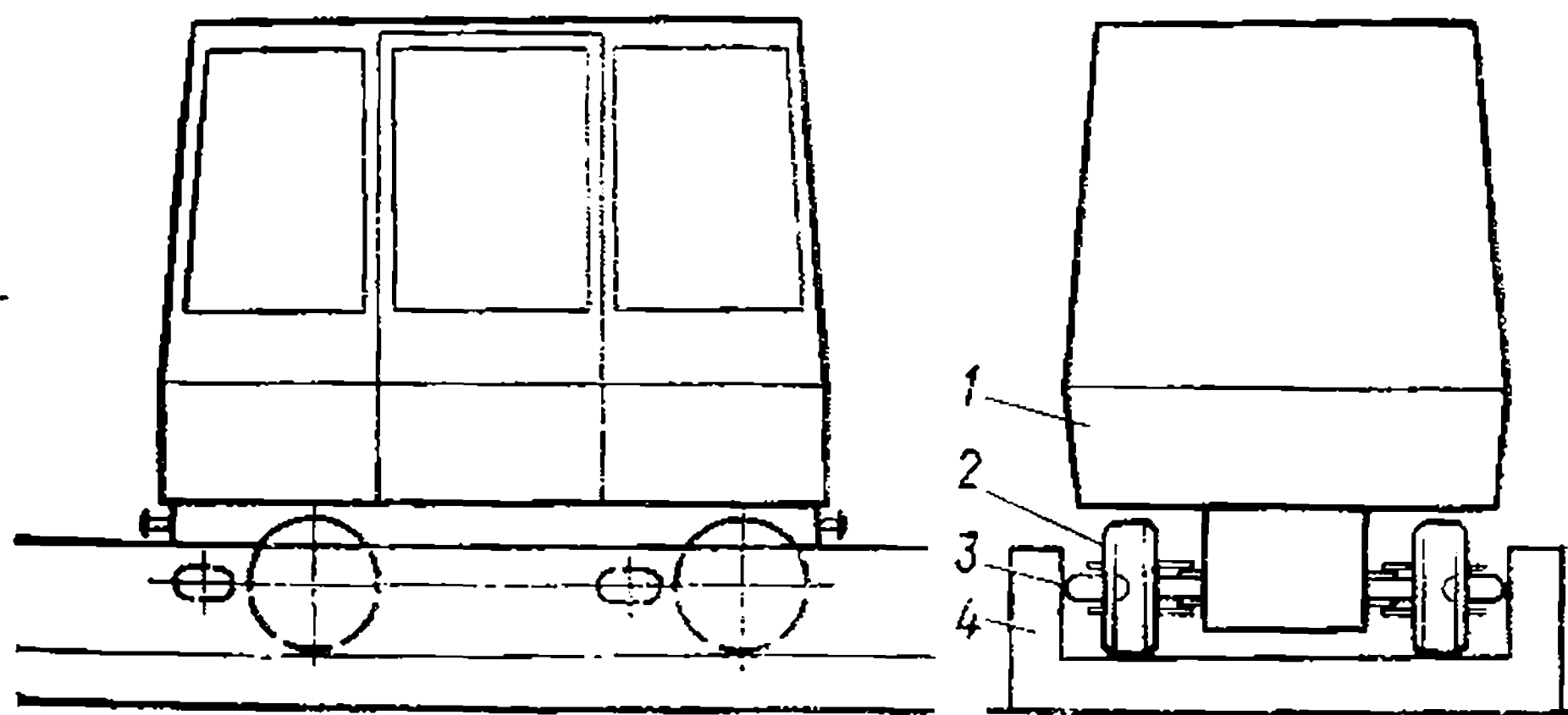


Рис. 3.17. Четырехместная кабинная система *Aramis*:

1 — помещение для пассажиров; 2 — опорное и ведущее колесо; 3 — направляющее колесо-ролик; 4 — поверхности катания и направляющая

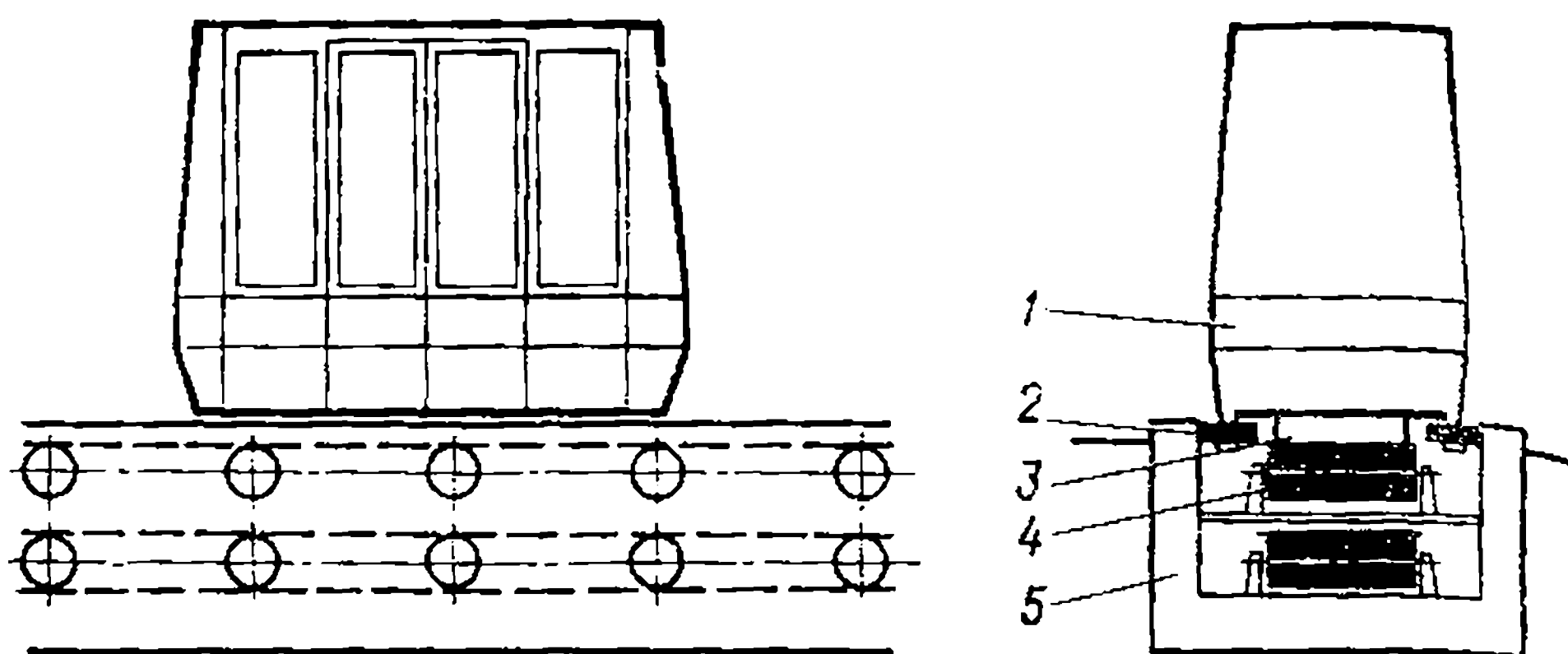


Рис. 3.18. Кабинная система *Carveyor*:

1 — место для пассажиров; 2 — направляющий ролик; 3 — поверхность катания; 4 — несущий ролик; 5 — несущий и направляющий путь

2,4 км/ч. Длина кабины 3,05 м, ширина 1,75 м, высота 2,3 м (на 4—12 пассажиров). Масса кабины 1,43 т, допускаемая нагрузка 1,5 т. Движущаяся полоса на станции служит для посадки и высадки пассажиров. Ширина полосы 1,5 м.

При выезде со станций на главный путь скорость 16—31 км/ч, а ускорение  $1,5 \text{ м/с}^2$ . Движущаяся полоса приводится в действие роликами с электрическими двигателями. В кривых кабина движется непосредственно по ролям. Уклон путевой структуры может быть 0,1.

Расстояние между кабинами 27 м. Ускорение и замедление одинаковые. Предполагаемое расстояние между станциями 300—800 м.

При скорости 24 км/ч кабина может двигаться в кривой радиусом 45 м. Центробежное ускорение в этом случае  $1,5 \text{ м/с}^2$ . Управление работой системы централизованное. С помощью телевизионных камер поступает оперативная информация об

обстановке на пути и станциях. Предполагаемая провозная способность 3200 пассажиров/ч в одном направлении.

Система может служить как дополнительная внутри города для перевозок в аэропортах и в больших торговых зданиях. Пути кольцевые, без пересечений и стрелочных переводов.

Малые участки таких систем эксплуатируются в США и Японии.

Д. Система *Coop* состоит из малых кабин на 1—2 пассажиров. Доставка пассажиров обеспечивается с помощью разных носителей и транспортных средств. Система состоит из трех комплексов:

несущие транспортные средства, для которых нет локальных ограничений и тип вагона не ограничен;

контейнерные кабины, которые могут быть одно- и двухместными;

транспортное оборудование, которое служит для перемещения кабин на несущие устройства.

Пассажиры садятся в кабину на станции отправления и следуют до станции назначения на несущем транспортном средстве, по которому перемещается кабина. Это система перевозок «от двери до двери» с уровнем комфорта, аналогичным индивидуальному автомобилю. Контейнерные кабины можно использовать и для грузовых перевозок в местном и дальнем сообщении.

Е. Японская транспортная система *CVS* была разработана группой промышленных предприятий совместно с министерствами и Токийским университетом. Экспериментальный участок длиной 250 м был сооружен в Токио. Предполагается, что будут выполняться перевозки пассажиров и грузов.

Кабина системы *CVS* (рис. 3.19) предназначена



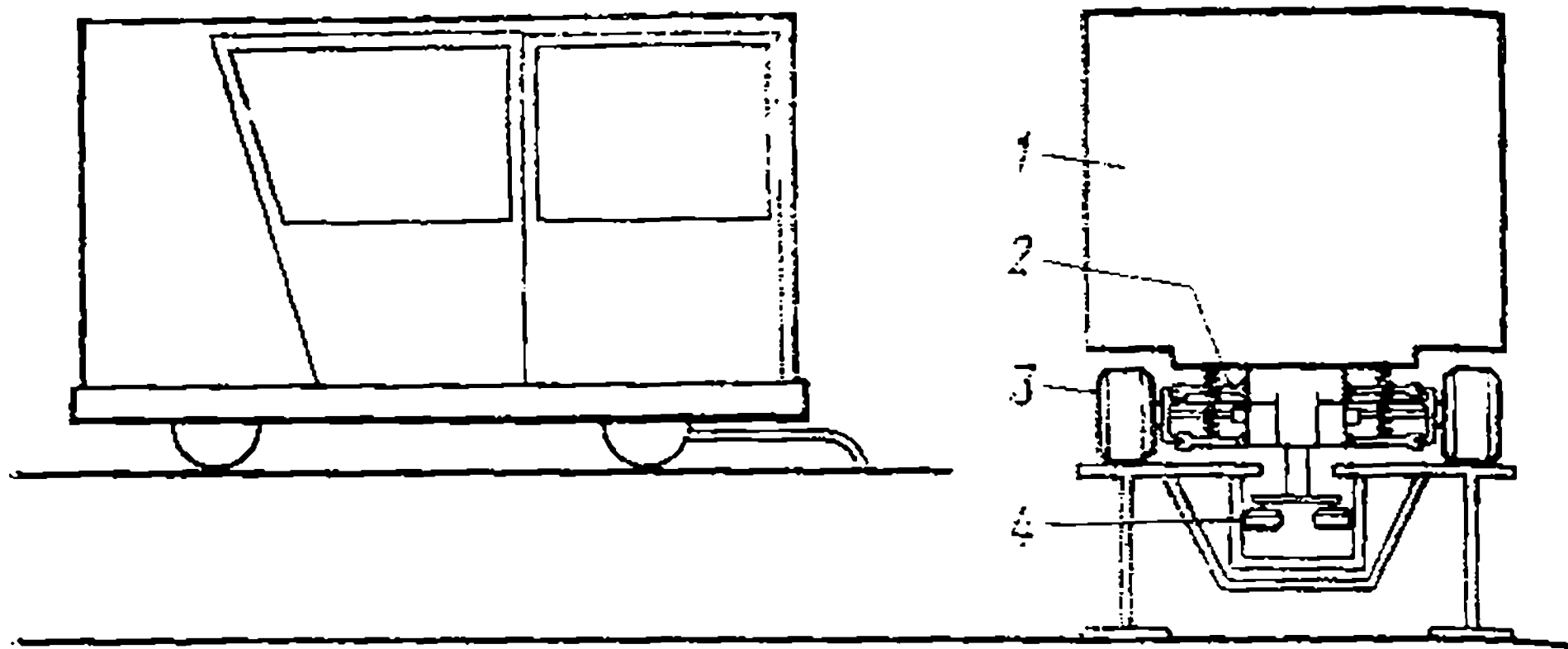


Рис. 3.19. Кабина системы CVS:

1 — помещение для пассажиров; 2 — механизм управления; 3 — несущее и тяговое колеса; 4 — направляющий ролик

для четырех пассажиров. Длина кабины 2,7 м, ширина 1,6 м, высота 1,5 м. Кабина имеет две двери шириной 2 м для упрощения посадки и высадки пассажиров. Масса кабины 0,75 т. Мощность двигателей  $2 \times 8$  кВт, что обеспечивает ускорение  $2 \text{ м/с}^2$ . Максимальная скорость кабин 60 км/ч, минимальный радиус кривых участков пути 5 м. Пассажиры, находящиеся в кабине, никак не могут воздействовать на движение. Управление кабинами автоматическое. Кабина передвигается по путевой структуре с углублением посередине, в котором уложено оборудование для тяги и управления.

Данная транспортная система проектировалась без привязки к определенной структуре путей сообщения, а для использования в соответствии с нуждами пассажира, который при входе на станцию сообщает о пункте назначения. Эта информация поступает в центральный пост управления. Предполагаемая

провозная способность составляет 20 000 пассажиров/ч в одном направлении.

**Ж.** Система Elan разработана швейцарским консорциумом для городов среднего размера в виде электрически управляемых такси Elan (Elektro-nish gesteuertes automaticohes Nahverkehrs system). Малые кабины перемещаются по пути, служащему в качестве опоры. Направляющие функции выполняет желоб, размещенный с правой стороны на уровне крыши кабины. В каждом направлении движение одностороннее. Минимальный интервал между кабинами 1 с, т. е. максимальная пропускная способность составляет 3600 кабин/ч.

Вагон двухколесный (рис. 3.20), на пневматических колесах, с четырьмя местами для сидения. Один тип вагонов имеет длину 2,5 м, высоту 1,4 м и ширину 1,62 м. У другого типа вагонов длина 3,1 м, высота 1,38 м, а ширина 1,8 м. Вход в вагон через откидные двери. Места для сидения размещены попарно (одна пара против другой).

Вагон приводится в движение от электрического двигателя. Максимальная скорость 60 км/ч. Внутри

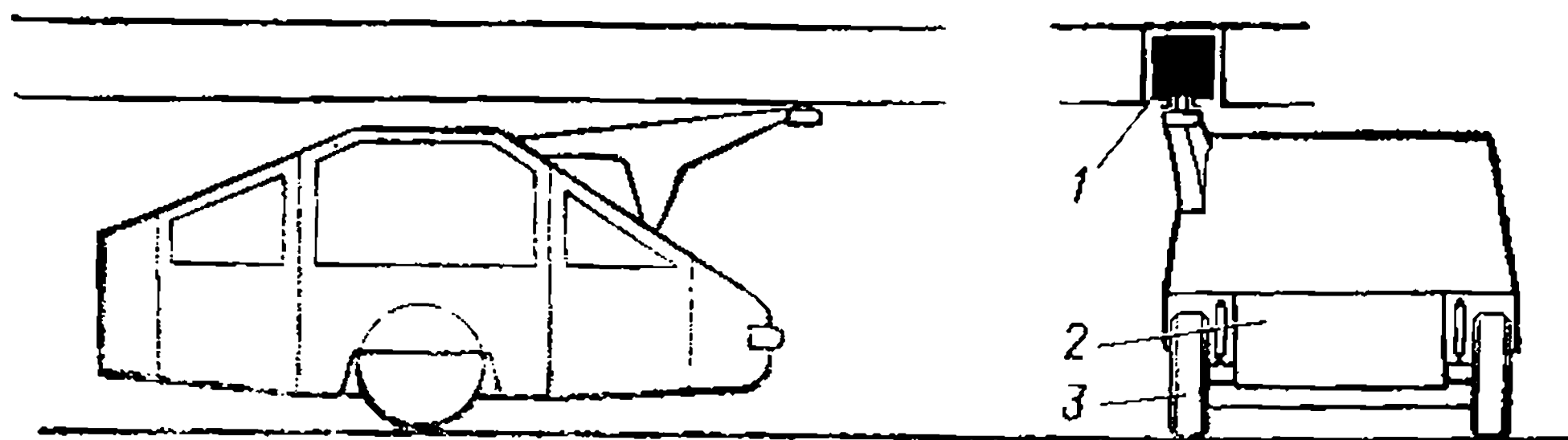


Рис. 3.20. Кабина (вагон) системы Elan:

1 — размещение направляющих роликов и привод тягового двигателя;  
2 — тяговый блок; 3 — несущее и направляющее колеса

направляющего желоба движется направляющая тележка, имеющая восемь роликов (четыре вертикальных и четыре горизонтальных). Токосъем обеспечивается с помощью пантографа. Тяговое оборудование расположено внутри четырехгранного желоба. Ролики и пантограф укреплены на жесткой консоли, соединенной с вагоном. Тяга и торможение электрические. Организация эксплуатации — по системе *OFF-LINE STATION*, станции размещены сбоку от главного пути.

Информация о разгоне и замедлении для управления поступает с помощью электрических сигналов. Пассажиры кнопкой выбранной станции назначения вызывают кабину. Система контроля и управления работает с помощью ЭВМ, она иерархическая, располагается в вагоне, на пути и в центре управления. Такая система управления обеспечивает интервал между поездами 0,7 с.

При максимальном заполнении достигается пропускная способность 20 000 пассажиров/ч в одном направлении. На рис. 3.21 изображена подъемная станция для движения в двух направлениях.

3. Фирма MAN (Maschinenfabrik Augsburg Nürnberg) разрабатывает новую транспортную систему *Schienentaxi* (рельсовое такси). Эта транспортная система обладает преимуществами, которые индивидуальным автомобилям в центре города недоступны: высокая эксплуатационная готовность, оперативная подвижность, очень высокий уровень комфорта, независимость от других транспортных средств, отсутствие проблемы стоянок.

Вместимость вагона 2—8 пассажиров. Вагон имеет длину 3,2 м, высоту 2,1 м и ширину 1,35 м. Места для сидения расположены перпендикулярно к на-

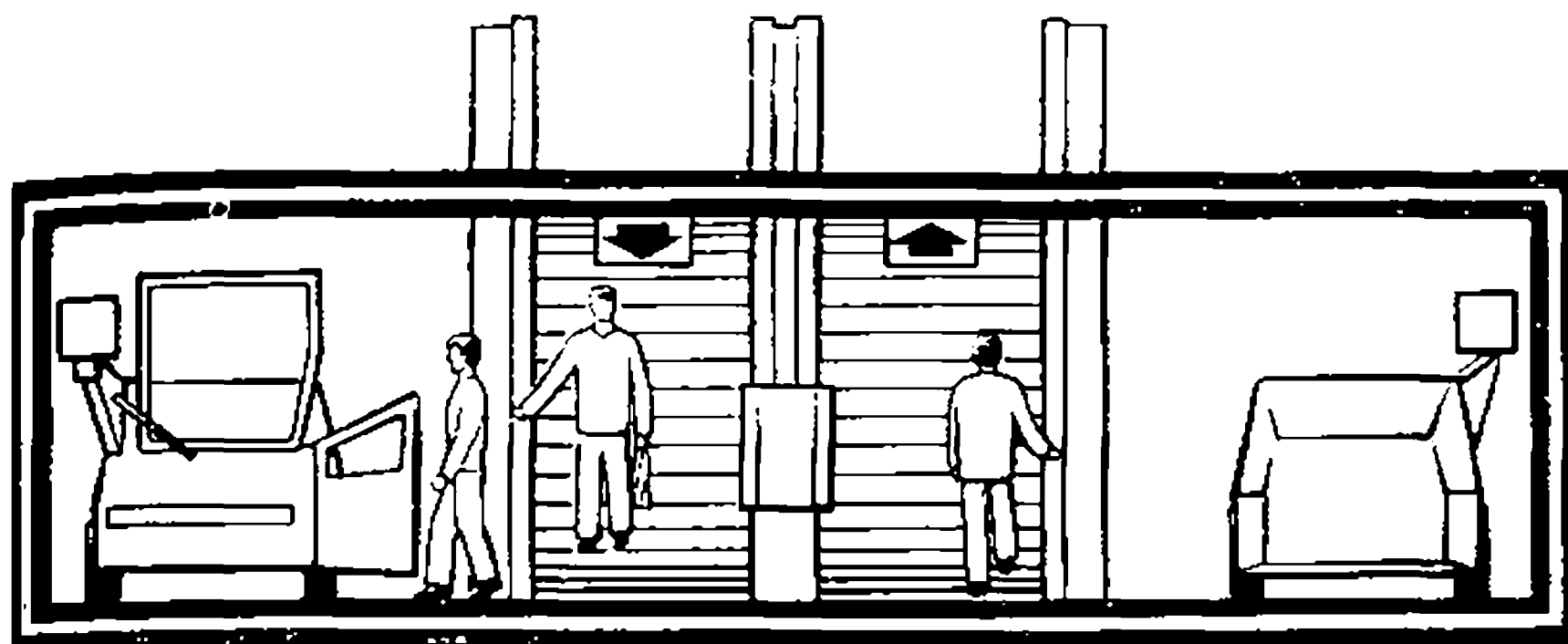


Рис. 3.21. Поперечное сечение подземной станции системы *Elap* к направлению движения. В вагоне две двери, расположенные в торцах, что обеспечивает сквозной проход по вагонам.

Кабина (рис. 3.22) подвешена к L-образной тележке. Часть массы вагона воспринимается роликом, расположенным под углом  $45^\circ$ . На верхнем конце вертикальной стенки уголка находится горизонтальное крепление ролика. На показанном профиле размещено также тяговое оборудование для приведения кабины в движение.

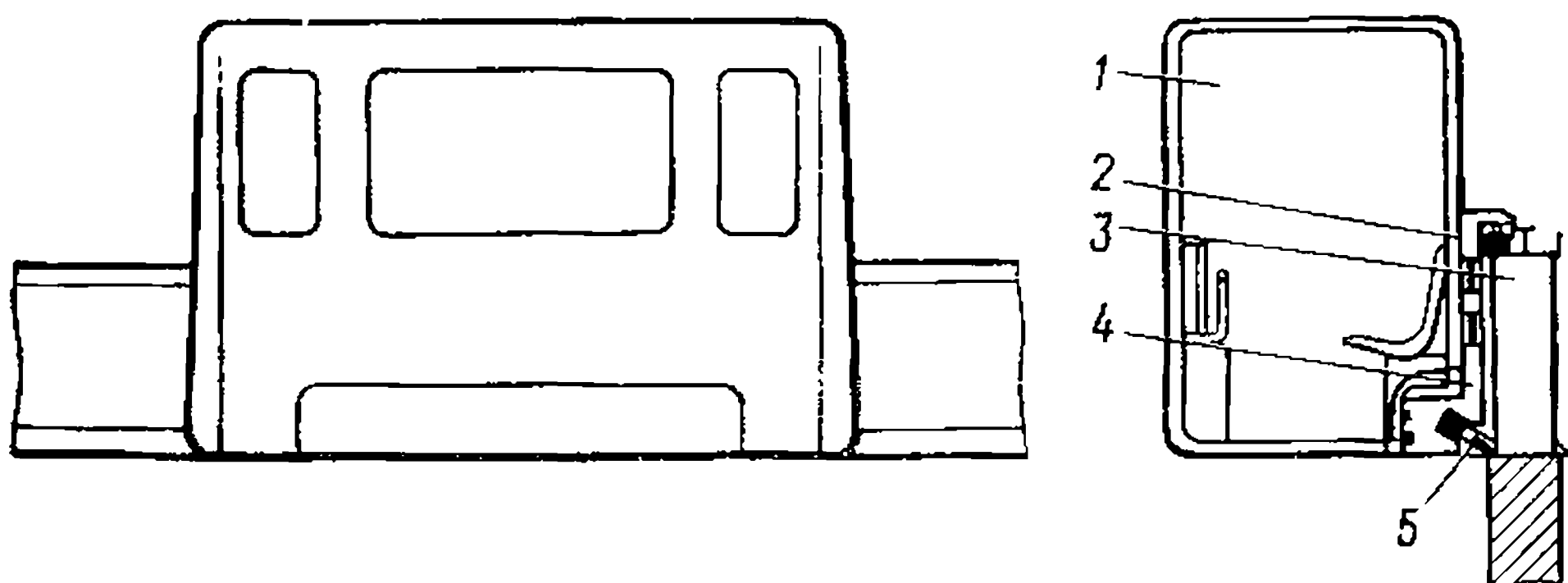


Рис. 3.22. Кабина *Schienentaxi*:

1 — кабина; 2 — тяговый трос; 3 — несущая балка; 4 — тележка кабины; 5 — несущий ролик

Движение кабины обеспечивается с помощью троса или цепи. Двигатель троса (цепи) размещен на путевой структуре. В специальной литературе отмечается, что, несмотря на это, тяговое оборудование дает возможность переключать кабины с одного пути на другой, а также обеспечить проследование через стрелочные переводы.

Скорость движения кабины в данной системе предполагается около 25 км/ч. Вход в вагон предусматривается на уровне пола вагона сбоку.

И. Фирма MAN разработала еще одну систему: движение личного автомобиля индивидуальное и по заданному маршруту. Система названа Hybriden-Stadtswagen-Kabinen (HSK).

Транспортное средство может двигаться по рельсовому пути (рис. 3.23). На нефиксированном участке движение происходит, как на личном автомобиле, причем до пункта назначения оно может осуществляться без пересадки. Транспортное средство имеет длину 2,6 м, ширину 1,5 м и высоту 1,5 м. Внутренний вид аналогичен индивидуальному автомобилю среднего класса.

На современном уровне развития техники для таких вагонов можно использовать двигатели внутреннего сгорания только тогда, когда вагон движется по проезжей части. Можно использовать и гибридный вариант, чтобы двигатель внутреннего сгорания имел длительную (оптимальную) мощность и крутящий момент, а другие источники энергии (электрический, гидравлический, механический) использовались бы при разгоне.

К. В середине 60-х годов в Массачусетском технологическом институте (США) были опубликованы материалы по разработке малой кабиной системы

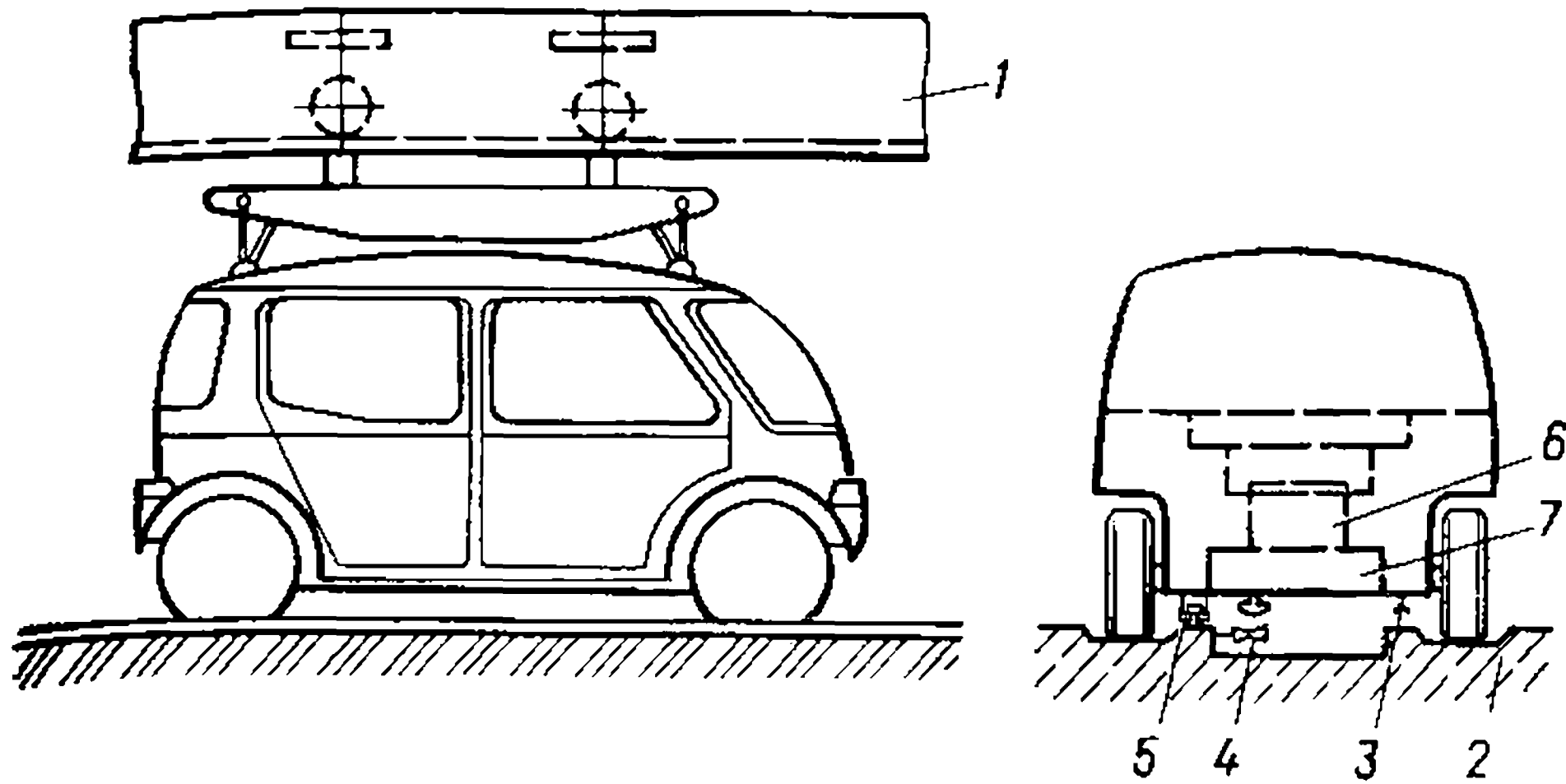


Рис. 3.23. Проект кабинной системы HSK:

1 — подвесная путевая структура (проезжая часть); 2 — направляющая колея; 3 — токосъемник; 4 — тяговое устройство; 5 — направляющий рельс; 6 — генератор; 7 — маховик

**Metran Perc (Personalized Capsule).** Рассматриваемая система предназначена для городских перевозок. В ней сочетаются достоинства индивидуального и общественного транспорта, комфорт и индивидуальность поездок в личных автомобилях и транспортно-технические возможности общественного и рельсового транспорта.

Запроектированная система имеет двухместные кабины, которые можно объединить в двухвагонные поезда. Кабина имеет длину 1,35 м, ширину 1,35 м и высоту 2,1 м. Направляющая и опорная системы разработаны в двух вариантах. Опираие и направление движения обеспечиваются с помощью воздушной подушки или роликов.

Проезжая часть состоит из двух двутавровых балок высотой 700 мм, уложенных на расстоянии 1000 мм. Движение осуществляется с помощью ли-

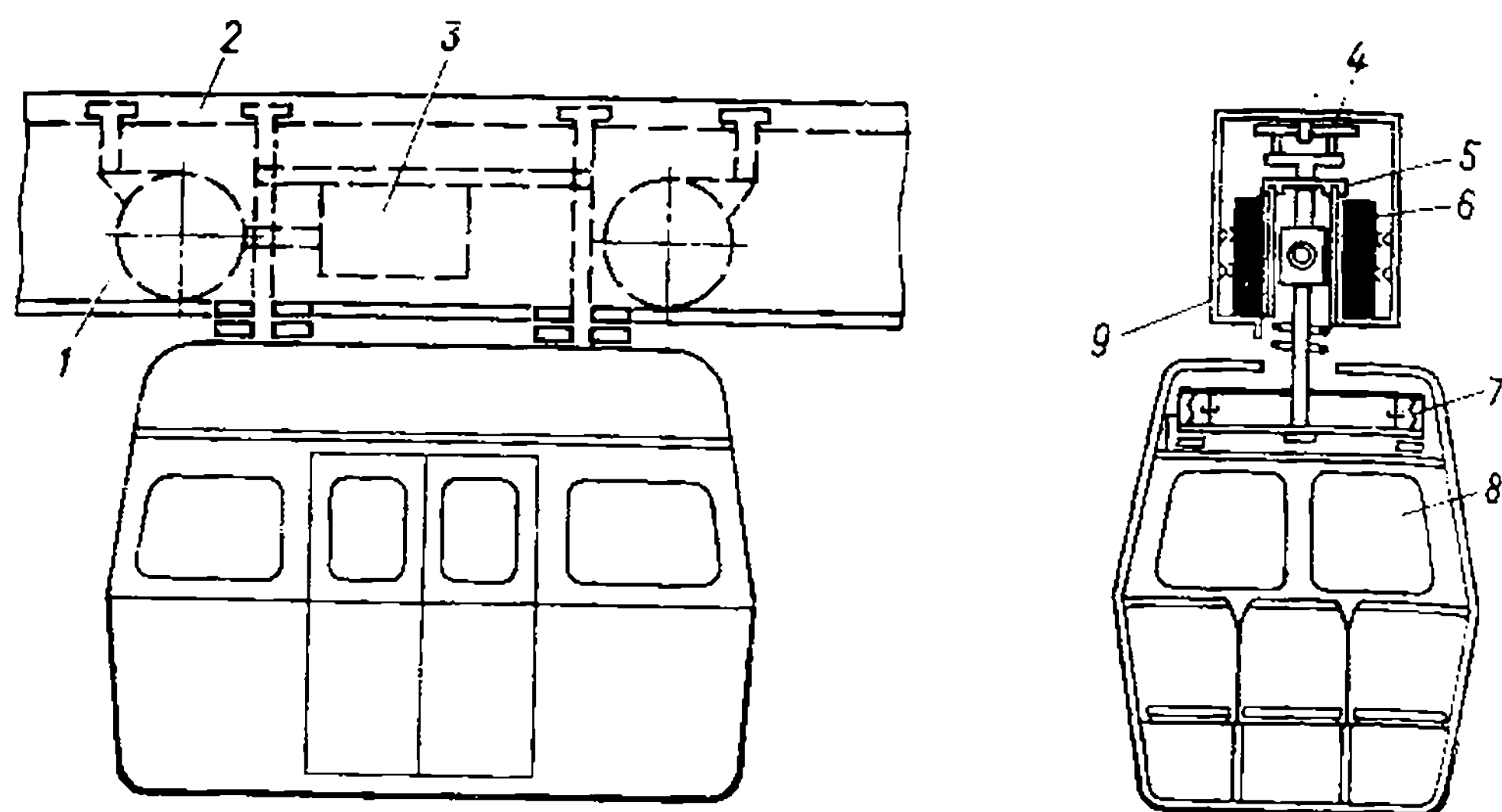


Рис. 3.24. Кабинная система *Мопосаб*:

1 — нижний направляющий рельс; 2 — верхний направляющий рельс; 3 — тяговый двигатель; 4 — металлическое направляющее колесо; 5 — тормоз; 6 — тяговое средство; 7 — балансирующее подрессоривание; 8 — кабина; 9 — поверхность катания

нейного двигателя. При механическом опирании движение может осуществляться с помощью линейного двигателя, двигателя вращения или тягового троса. Скорость движения 30 км/ч.

Л. Кабинная подвесная система *Мопосаб* разработана и испытана фирмой *Ваго Лис* (США). Испытания были проведены в физической лаборатории Университета Джона Гопкинса при содействии Министерства транспорта США.

Кабинная система (рис. 3.24) имеет любопытное опорное направляющее, управляющее и тяговое оборудование. Кабина имеет ширину 1,67 м, длину 2,4 м и высоту 2,92 м. Тяговое оборудование движется в замкнутой проезжей части. Пневматические колеса



приводятся в движение тяговым двигателем. Тяговое усилие передается от пути на подвижной состав. На новом участке достигнута скорость 40 км/ч, в кривых радиусом 15 м предполагалась максимальная скорость 20 км/ч. Расстояние между несущими опорами проезжей части принято 20 м.

Станции расположены параллельно пути и при посадке одновременно с дверями кабины открываются двери на станции (допуск  $\pm 10$  см). Станции служат одновременно в качестве мест отстоя для свободных кабин. При минимальном интервале 10 с кабины могут перевезти в одном направлении за час 2160 пассажиров.

Пассажиры, входящие в кабину, нажатием кнопок задают станцию назначения. Поездка протекает без излишних остановок и пересадок. Кабины оборудованы кондиционерами воздуха. Управление движением полностью автоматизированное. С помощью блочной системы регулируются скорость, отцепки, прицепки, съезды на боковой путь.

М. Из других малогабаритных кабин следует отметить кабиное транспортное средство системы Network Cab (рис. 3.25). Автомобильный концерн General Motors разработал транспортное средство на воздушной подушке. Оно предназначено для индивидуального использования. Пассажир указывает пункт назначения и доставляется к нему без пересадок. Предполагается, что транспортное средство будет использоваться для поездок в дальнем пассажирском сообщении. Движение к пункту назначения автоматизированное.

Кабина имеет длину 1,28 м, ширину 1,66 м и высоту 1,3 м. В нем два места для сидения. При четырех местах для сидения длина вагона 2,4 м, ширина

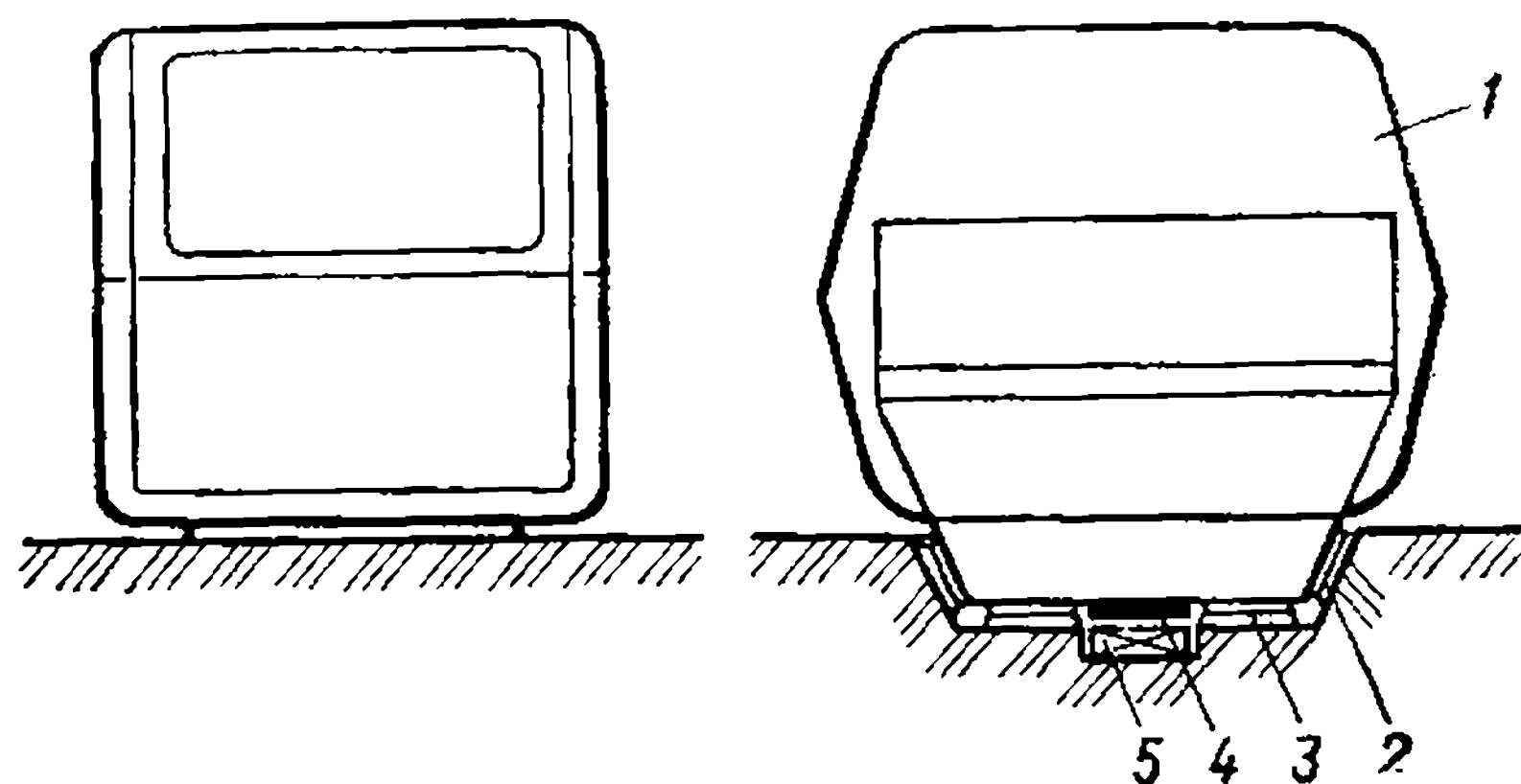


Рис. 3.25. Кабина системы *Network Cab* с опиранием на воздушную подушку:

1 — кабина; 2 — направляющий слой — воздушная подушка; 3 — опорная воздушная подушка; 4 — статор линейного двигателя; 5 — линейный двигатель

1,66 м, а высота 1,3 м. Кабина приводится в движение линейным двигателем. Максимальная скорость 50 км/ч, маршрутная скорость 40 км/ч.

Проезжая часть состоит из площадки с направляющим рельсом и оборудованием для энергопитания. Отклонение на боковой путь выполняется с помощью электрического оборудования на вагоне. Вся сеть управляется и контролируется от центральной ЭВМ.

### 3.2. БОЛЬШИЕ КАБИННЫЕ СИСТЕМЫ

Большие кабины образуют самостоятельную группу новых транспортных систем, которые, по всей вероятности, более благоприятны для регулярного обслуживания ГОТ, чем системы малых кабин. Рассмат-

риваются системы, которые можно эксплуатировать на поверхности, т. е. на улицах, или как подвесные над улицами, а также под землей. Движение — без дополнительных остановок на станциях, где нет потребности в посадке и высадке пассажиров. Тогда перевозку можно организовать по схемам *OFF-LINE* и *ON-LINE*.

В группу больших кабинных систем входят транспортные средства на 12—40 пассажиров. Управление кабинами в движении преимущественно автоматическое. В разделе 1.4 отмечено, что эксплуатационной стратегией этих транспортных систем является линейное обслуживание, но перевозка, особенно в периоды спада потока, возможна и по заказу. В таких случаях перевозка выгодна и при меньшей заполненности.

Транспортные системы с большими кабинами относятся к группе транспортных средств, которые связаны с проезжей частью аналогично железнодорожному подвижному составу. Такие транспортные средства ограничены в своем передвижении по территории.

На рис. 2.4 схематически изображены частичные цели и основы их достижения. Большие кабинные системы можно охарактеризовать как транспортные средства с сокращенным временем ожидания на станциях (Н2), с заданным временем отправления (Н8) и с большим числом мест для сидения (Н9).

В некоторых системах кабинных транспортных средств проектируют управление по схеме *OFF-LINE* без чрезмерного пребывания на станции, со значительным сокращением времени в пути (Н3). Одновременно можно достичь лучшего линейного сооб-

щения на данном участке при меньшем числе мест пересадки.

На основе этих предпосылок и целей упомянутые транспортные системы можно охарактеризовать следующим образом: максимально возможная автоматизация перевозок; перевозочные мощности меньше, чем при обычных городских системах рельсового транспорта; при частом движении в часы «пик» время ожидания небольшое; во время спада потока можно использовать для поездок по заявкам; минимальное число остановок (только по требованию пассажиров); в кабинах предусмотрены места для сидения и стояния, как правило, для 16... 40 пассажиров (рис. 3.26).

В некоторых типах кабин мест для стояния больше, чем мест для сидения. Поэтому ускорение допускается  $1,3—1,5 \text{ м/с}^2$  (не более  $1,7 \text{ м/с}^2$ ). В отдельных проектах безопасным считается ускорение до  $3,0 \text{ м/с}^2$ . На путях, как правило, имеется оборудование для передачи информации, а некоторые участки в зимнее время искусственно обогреваются.

Новые транспортные системы с большими кабинами технически общеизвестны, особенно ALWEG, Safage, Skyway и др. Многие из этих систем технически проработаны, некоторые испытаны, но лишь ничтожно малое число введено в нормальную эксплуатацию. Дольше всего эксплуатируются системы перевозок в Вуппертале и Дрездене. Многие запроектированные новые транспортные средства имели вместимость, аналогичную четырехосному трамваю. При этом пути навесные, подвесные или на опорах, а транспортные средства — на пневматических колесах.

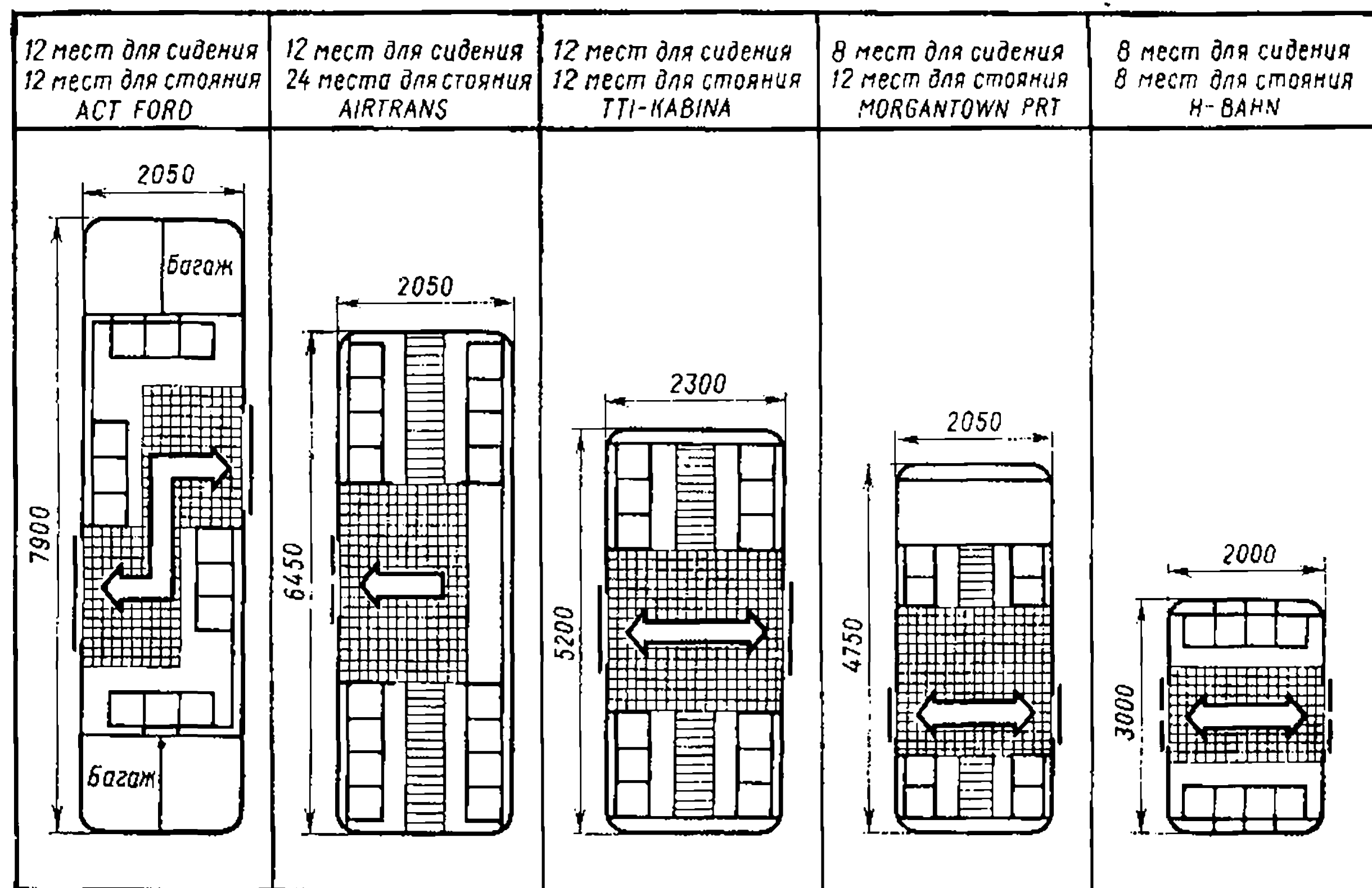


Рис. 3.26. Схематическая компоновка некоторых из кабин большой вместимости



Движение на первых дорогах такого типа управлялось (и поныне управляется) водителем, а современные многоместные большие системы управляются автоматически (без обслуживающего персонала и без водителя).

Полную вместимость многоместных транспортных средств можно эффективно использовать только тогда, когда они будут запроектированы с учетом возможности соединения в поезда, причем сочленение кабин должно выполняться автоматически, без участия работников транспорта. Одновременно необходимо, чтобы предложение перевозок соответствовало спросу в них.

Согласно рис. 2.3 транспортные системы с большими кабинными заполняют промежуток между классическими транспортными средствами и системами малых кабин с нестандартным оборудованием.

Кабинны современной конструкции смогут быть удачными лишь тогда, когда будут достигнуты поставленные цели. Например, схема намеченных целей для кабин системы *Morgantown* приведена на рис. 3.27, где показаны цели развития и основа главных требований.

Перевозка пассажиров без промежуточных остановок не только повышает максимальную скорость движения кабины, но и увеличивает маршрутную скорость. На маршрутную скорость влияют максимальная скорость движения кабинны и расстояние между остановками.

Транспортные средства систем с большими кабинными движутся, как правило, по жестким рельсовым путям. Повышение маршрутной скорости достигается тем, что отменяются те остановки, на которых не требуется посадка и высадка пассажиров.

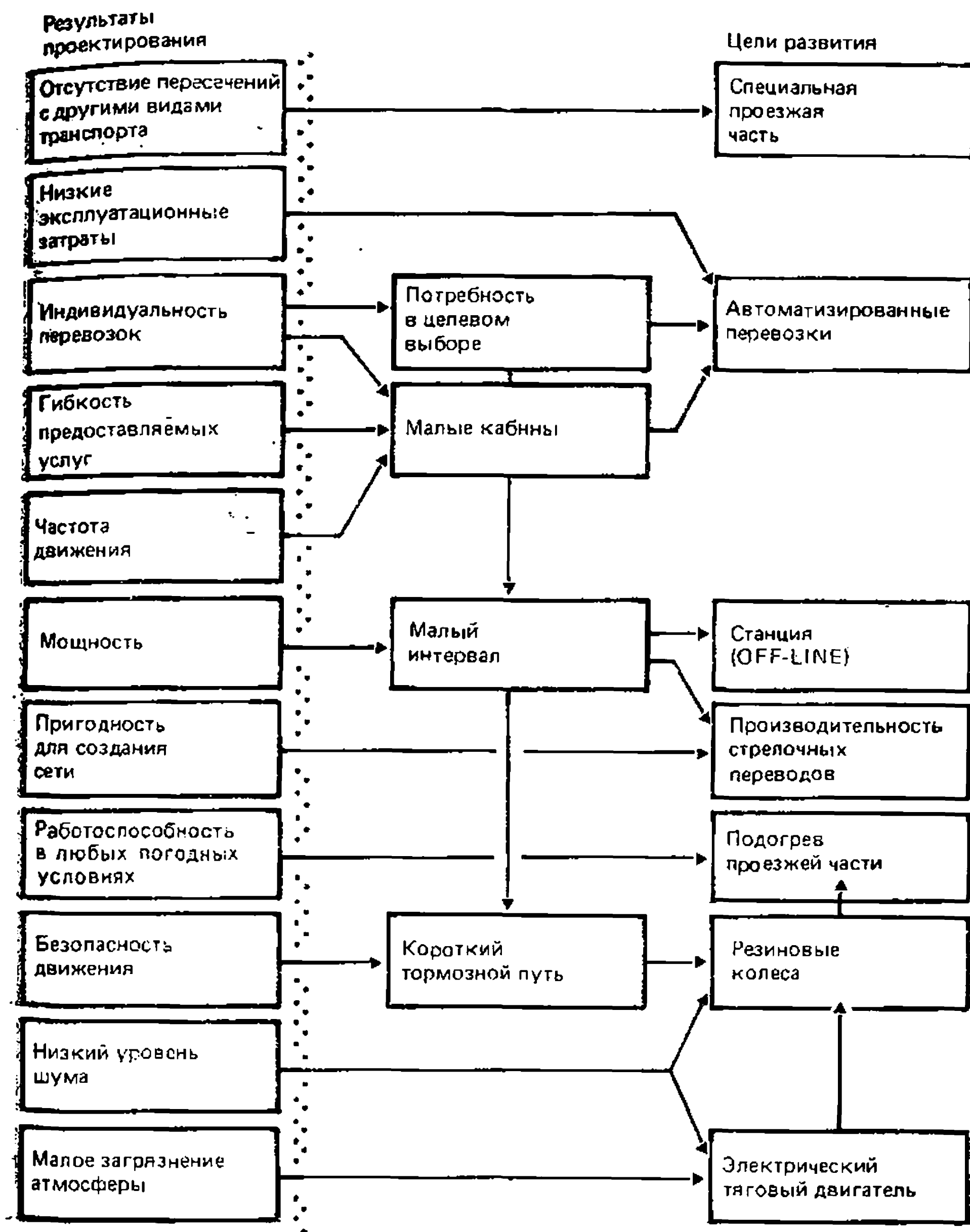


Рис. 3.27. Цели развития и основа главных требований системы Morgantown



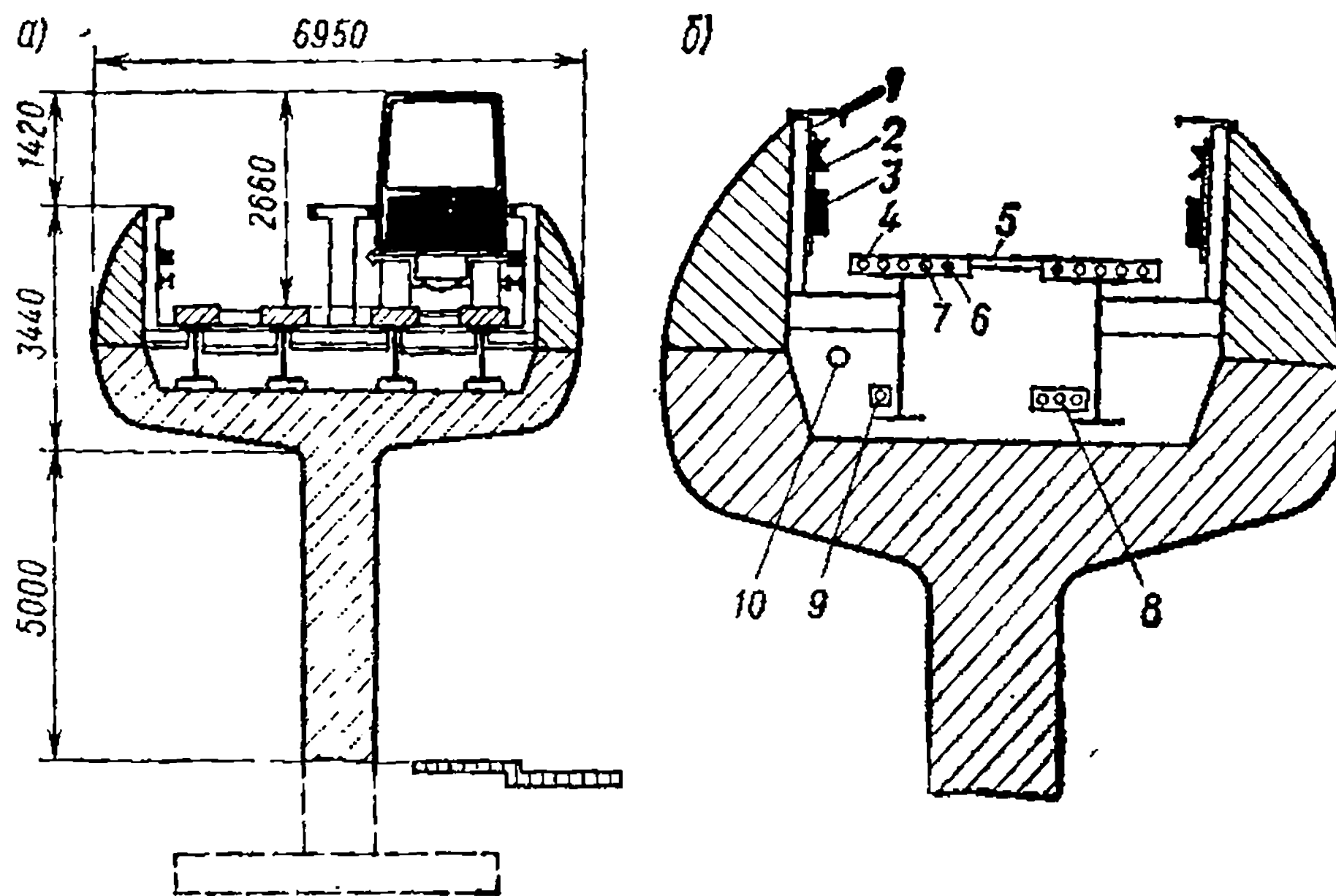


Рис. 3.28. Поперечное сечение системы *Morgantown*:

*а* — однопутная; *б* — двухпутная; 1 — опорные устройства; 2 — тяговый рельс; 3 — направляющий рельс; 4 — проезжая часть; 5 — служебный проход; 6 — индуктивный кабель; 7 — подогрев проезжей части; 8 — тяговый кабель; 9 — кабель для передачи информации; 10 — подогревательная трубка

Под таким углом зрения должны приниматься принципиальные решения по всем станциям систем рассматриваемого типа. В конструкции таких дорог должны быть учтены условия обеспечения перевозок в зимнее время, при гололедах и снежных заносах.

Дорога системы *Morgantown* (рис. 3.28) имеет оборудование для подогрева проезжей части. Посередине проезжей части размещена панель, которая служит пешеходной дорожкой в случае отказов в работе транспортной системы. Вблизи индуктивных

проводников для передачи информации между кабиной машиниста и управляющим перевозками (диспетчером) расположены трубопроводы для подогрева проезжей части. По трубам проходит жидкость (смесь воды с гликолем). Подогрев устраняет с проезжей части лед и снег. На рис. 3.29 показана конструктивная схема системы *H-Bahn Siemens*.

Расстояние между опорами-стойками проезжей части 15—30 м. Проезжая часть системы *Morgantown* опирается на стойки, расположенные через 18 м. В системе *H-Bahn Siemens* опоры расположены через 20 м, в системе *Airtrans* — через 24—28 м, а в

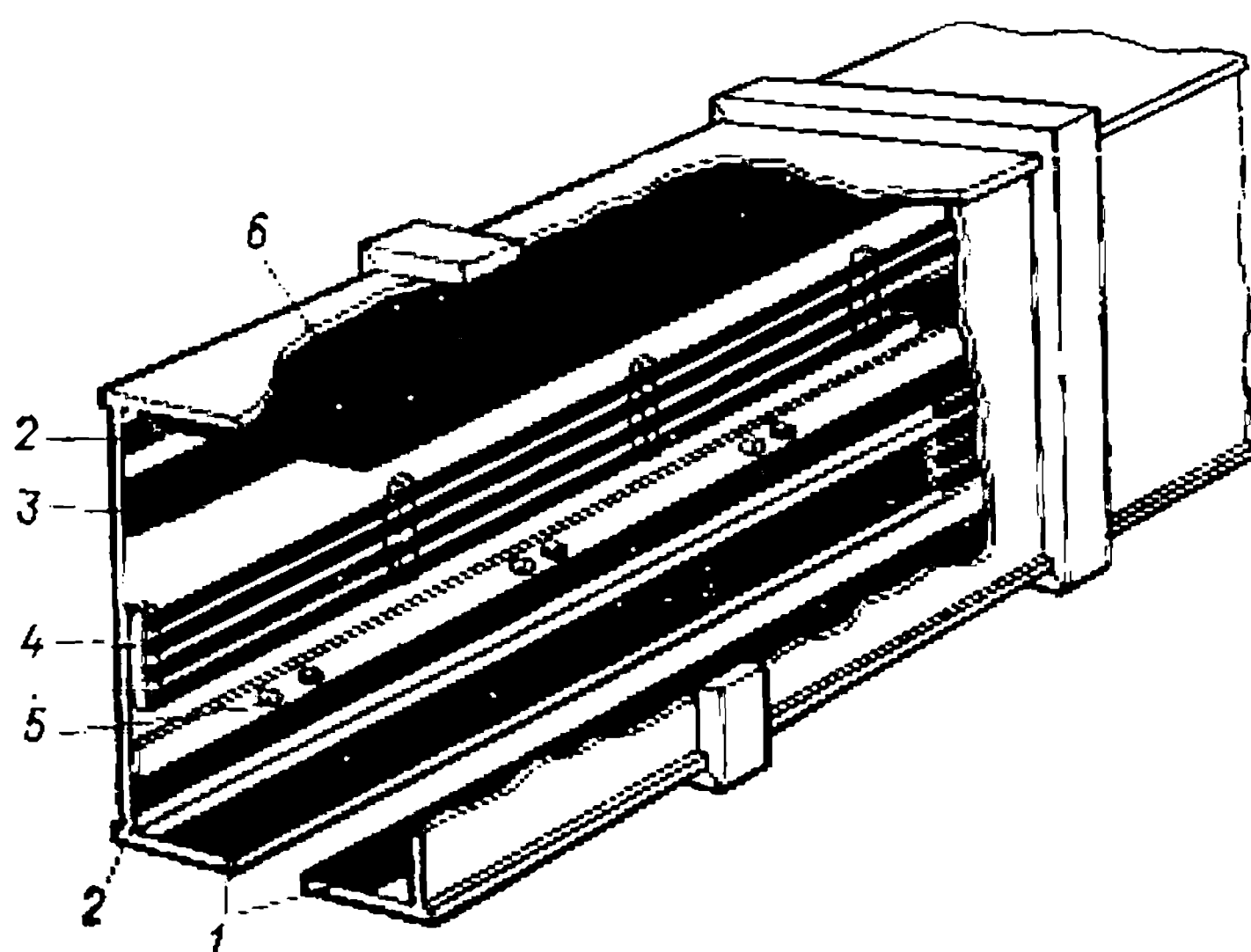


Рис. 3.29. Балочная проезжая часть системы *H-Bahn Siemens*:

1 — проезжая часть для опорного и ведущего колеса; 2 — проезжая часть для бокового направляющего колеса; 3 — антенна для передачи команд и информации; 4 — подача тягового тока с помощью проводников; 5 — магнитная полоса; 6 — реактивная часть линейного двигателя

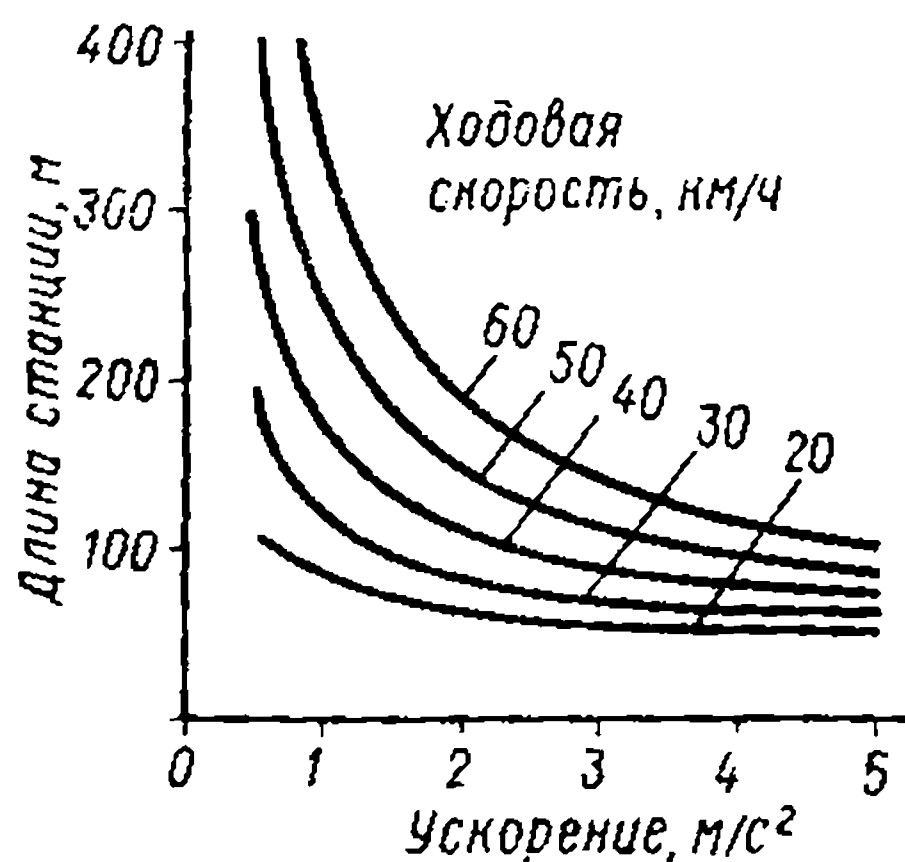


Рис. 3.30. Зависимость длины станции *OFF-LINE* от ускорения и ходовой скорости

системе *Dashaveyor* — через 15—30 м. Стрелочные переводы запроектированы по пассивной или активной схеме с управляющим устройством на пути и на транспортном средстве.

Системы с большими кабинами имеют станции, запроектированные по схеме *OFF-LINE* аналогично станциям в системах с малыми кабинами. Длина посадочной платформы зависит от длины транспортного средства, заданной скорости и ускорения кабины. Длина станций обычно 200—300 м. На графике (рис. 3.30) показана зависимость между длиной станций, ускорением и ходовой скоростью. График пригоден и для малых кабин. Например, для системы *H-Bahn Siemens* предполагаемая длина станций 200—150 м. Длина зоны посадки 30 м. Длина посадочной платформы зависит от длины кабины. На рис. 3.31 показана организация посадки и высадки на станции с посадочной платформой на три кабины.

Расстояние между станциями различное в зависимости от соответствующей системы. Например, в системе *Morgantown* расстояние между станциями

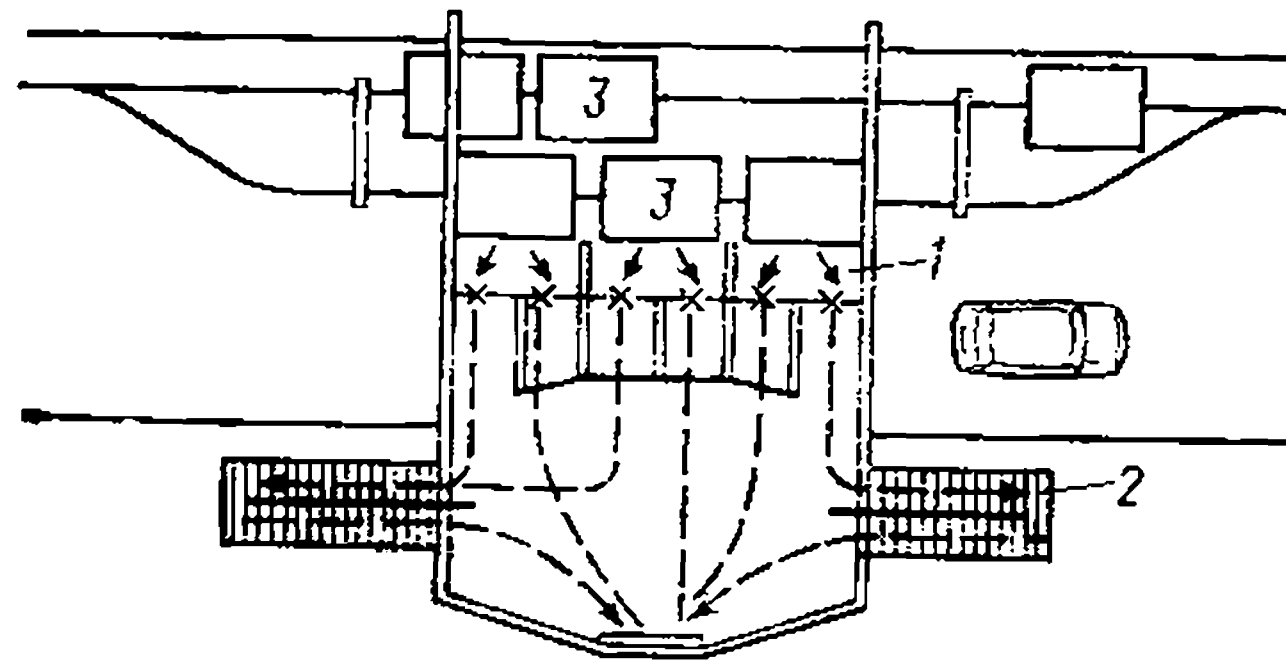


Рис. 3.31 Размещение основных устройств на станции системы *H-Bahn Siemens*:

1 — посадка и высадка; 2 — лестница; 3 — кабина

520—2800 м. Это не типичная перевозка пассажиров в столичных областях. Главной задачей перевозок в данной системе является доставка студентов из центра города в университетский городок.

Несмотря на длину станций 200—250 м и минимальное допустимое расстояние между станциями до 300 м, принципиальное расположение станций аналогично системам с малыми кабинами. Масштабное изображение схемы станции с двумя стационарными дверями показано на рис. 3.32.

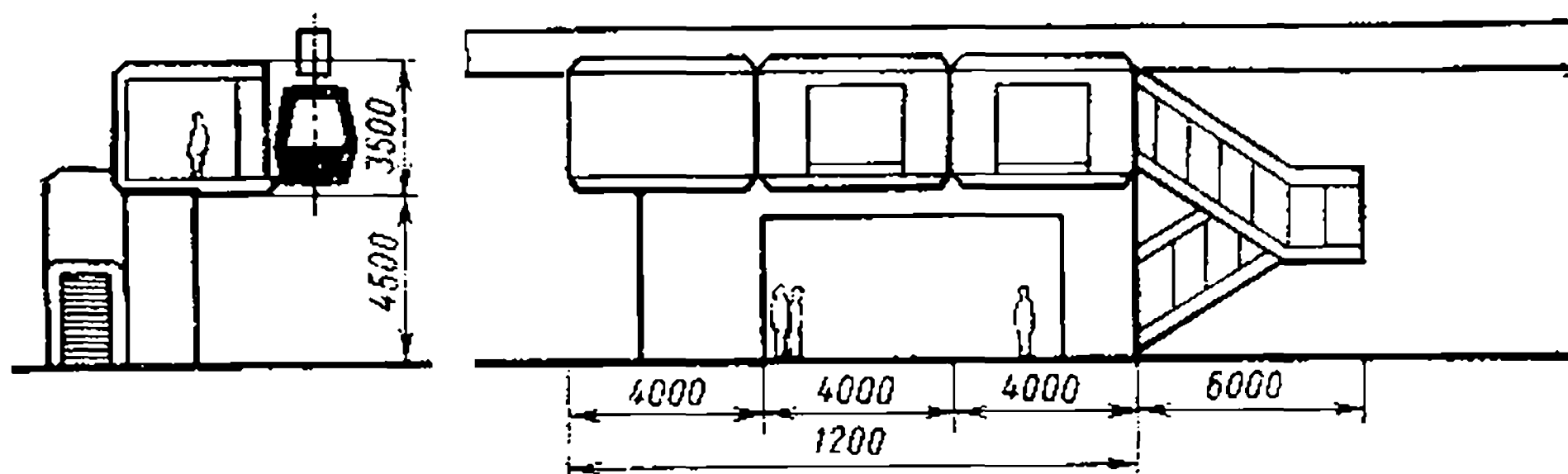


Рис. 3.32. Станция *H-Bahn Siemens* с двумя стационарными дверями-входами и прямым доступом в кабину

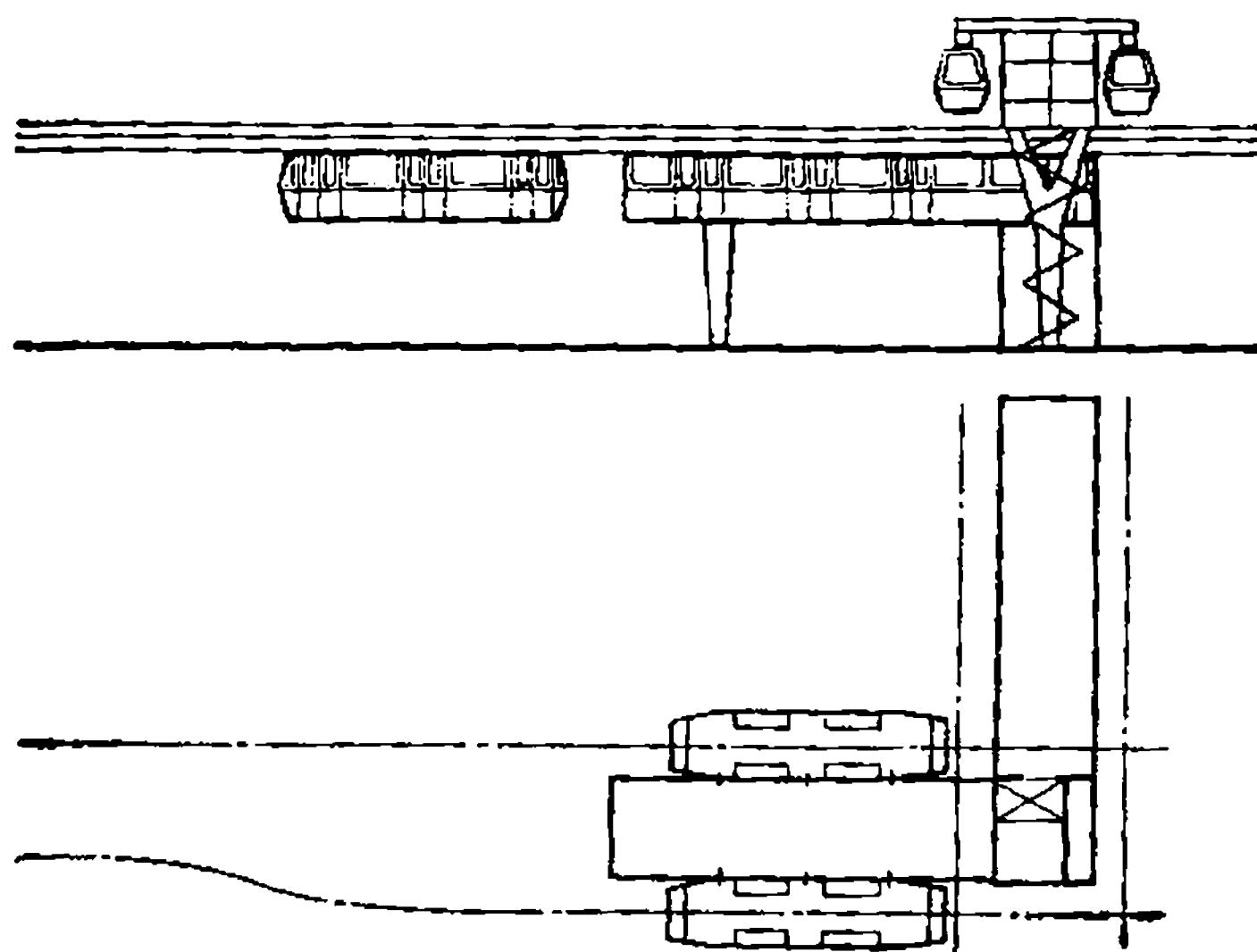


Рис. 3.33. Размещение двух станций *H-Bahn Siemens* в два яруса при пересечении двух путей

В сложных транспортных сетях станции двух дорог можно размещать в двух уровнях (рис. 3.33). Тем самым упрощается пересадка с одного транспортного средства на другое.

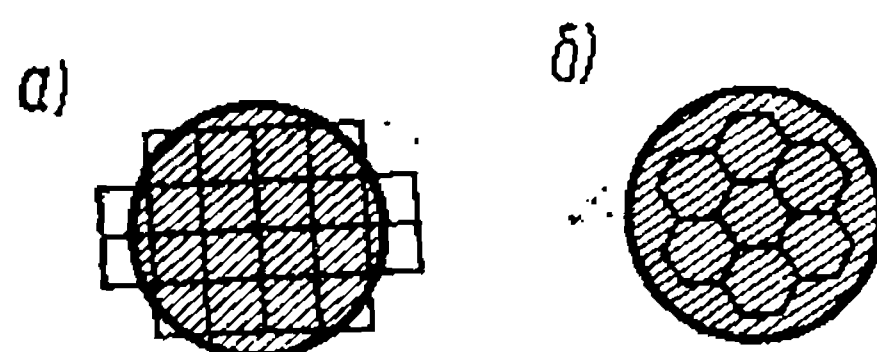
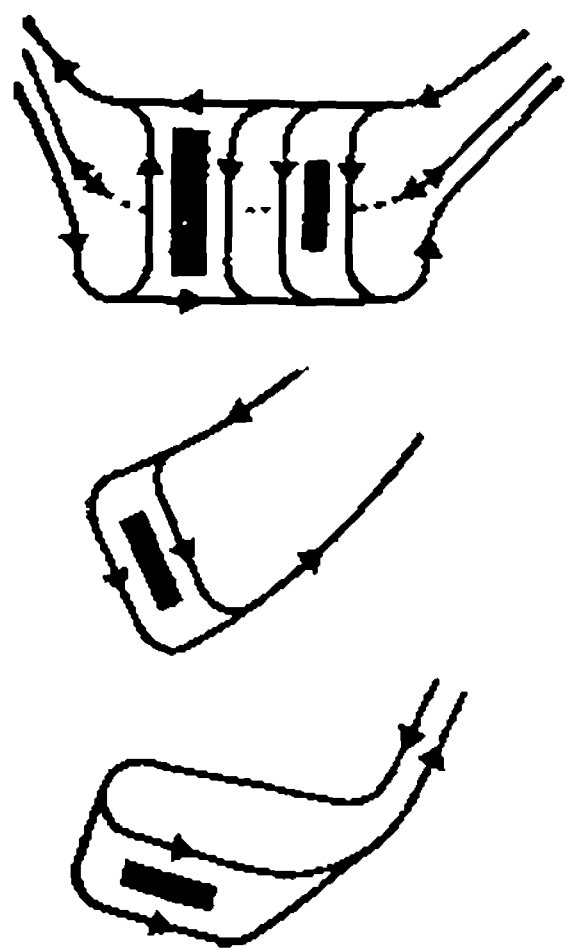
На рис. 3.34 показана схема размещения станций в университетском городке Моргантаун (США) с тремя станционными платформами *OFF-LINE*. Такое размещение станций позволяет организовывать езду без остановки, езду с остановками и последующим движением в том же направлении, езду с остановкой и продолжением движения в обратном направлении.

Для целесообразного и эффективного обеспечения работы новых транспортных систем с многоместными кабинами необходимо при создании сети дорог исходить из следующих основных требований:

автоматизация перевозок; транспортные средства должны быть меньше, чем при классических транспортных системах, связанных с проезжей частью; сокращение времени хода должно достигаться тем, что в периоды максимальных перевозок выпускаются дополнительные транспортные средства, а в периоды спада потребностей в перевозках предложение уравнивается спросом; сокращение времени хода может быть достигнуто уменьшением числа промежуточных стоянок.

Размещение сети — это создание путей и соединений между ними, играющее важную роль при организации перевозок. При использовании рассматриваемых систем нет необходимости в создании таких густых сетей, как например, растровая или ячеистая (рис. 3.35).

При целевых перевозках, особенно при стремлении уменьшить капитальные вложения и эксплуатационные затраты, наиболее экономичны сети путей сообщения с линейной структурой, к числу



△ Рис. 3.35. Транспортная сеть ячеистая (а) и растровая (б)

◁ Рис. 3.34. Размещение станций в г. Моргантауне

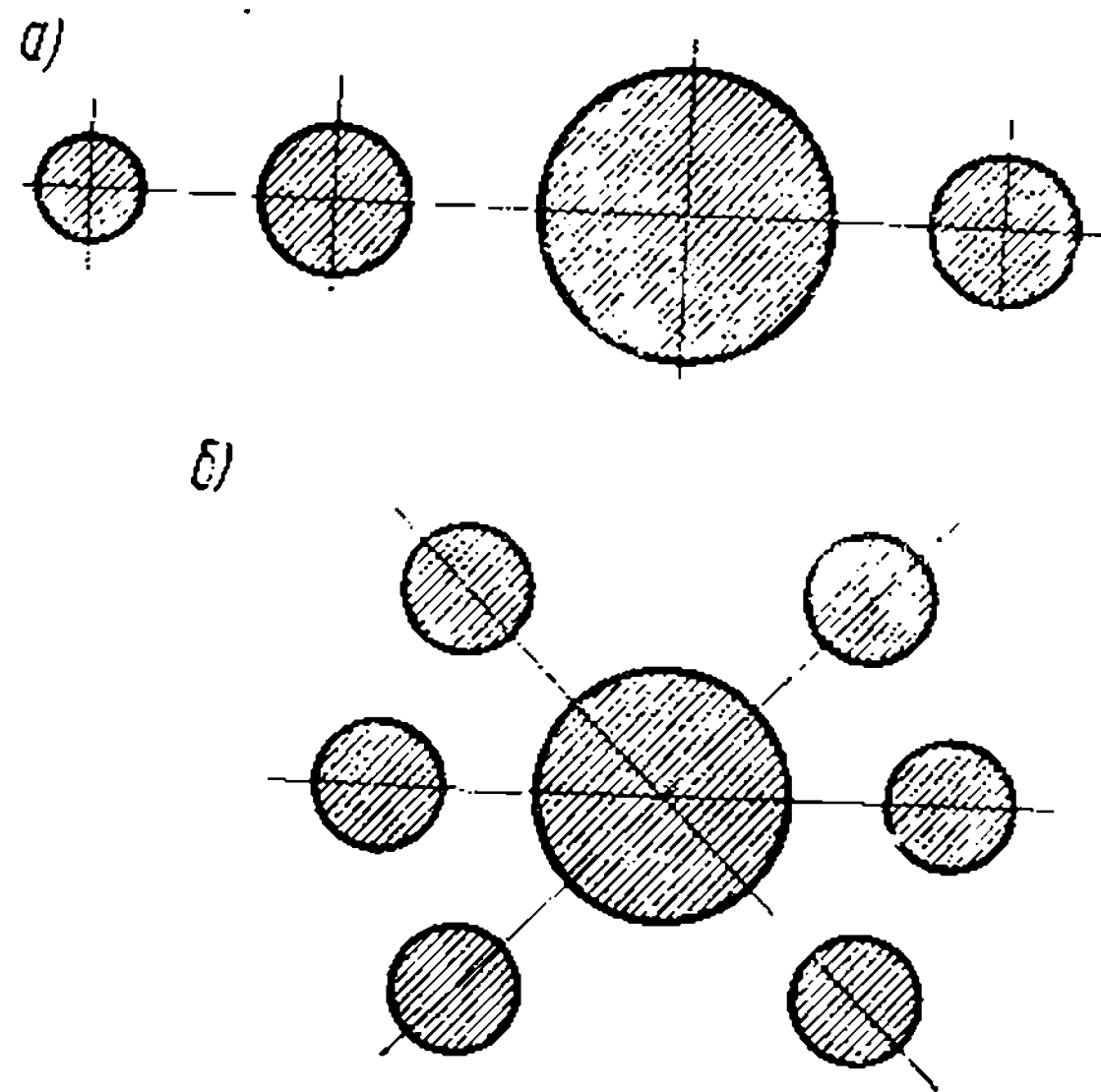


Рис. 3.36. Транспортная сеть осевая (а) и радиальная (б)

которых относится, например, радиальная или осевая (рис. 3.36).

Формирование сети посередине города возможно кольцевое, хордами или диаметрами (рис. 3.37). Конечные станции могут иметь петлевую форму или

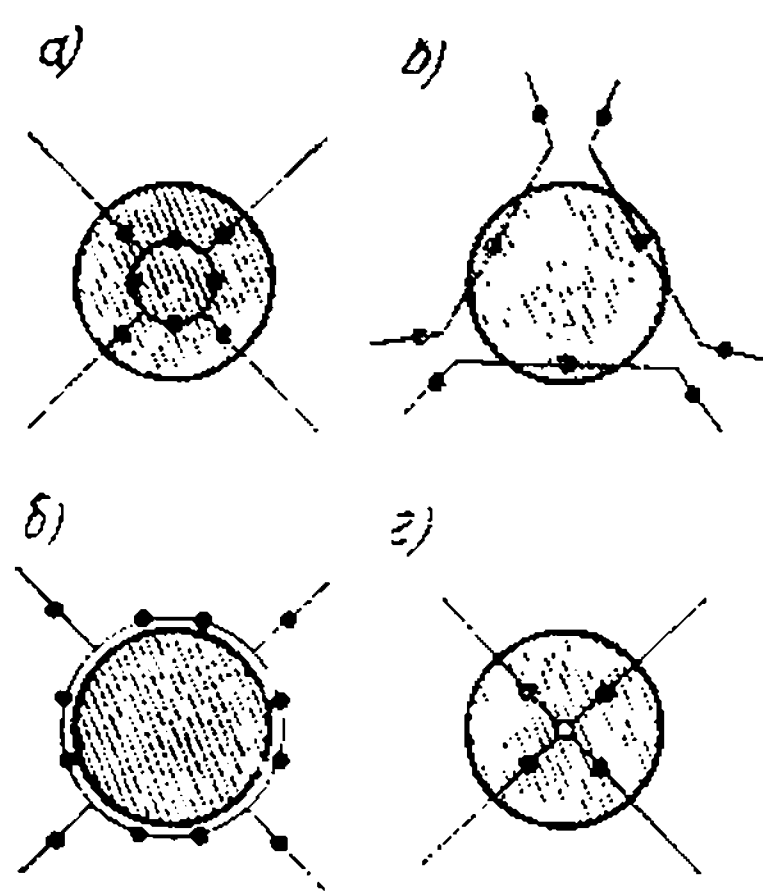


Рис. 3.37. Транспортная сеть в центре города:

а — кольцевая внутри центра;  
 б — кольцевая по периферии центра;  
 в — хордовые линии; г — диаметральные линии с пересечением в центре



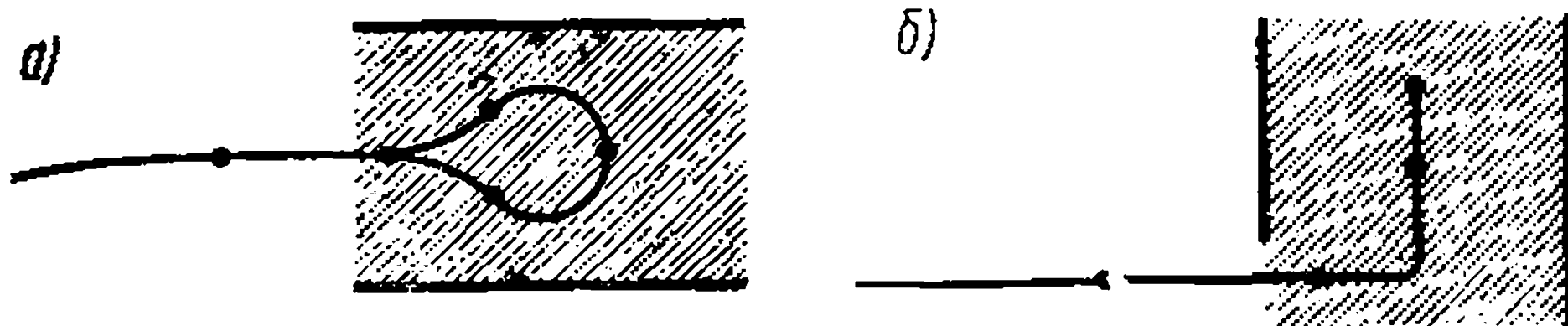


рис. 3.38. Решение конечных станций:  
*a* — петлевое; *б* — тупиковое

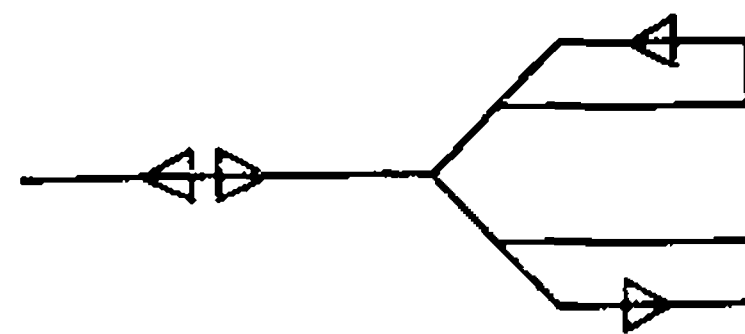
размещаться на ответвлении (рис. 3.38). Отдельные направления можно делить по схеме, изображенной на рис. 3.39.

Сеть следует проектировать так, чтобы пассажиры не нуждались в пересадках. Допускается одна пересадка. Одна из форм такой сети — это треугольная структура (рис. 3.40).

Промежуточной среди описанных форм сети с густым площадным развитием системы малых кабин является форма сети для путей сообщения с большими кабинами, которая независима от осевого управления. При создании линейного управления критическим является соединение двух линий. При формировании сети могут возникнуть проблемы, показанные на рис. 3.41. Фирма Transurban-Takt решила проблему разветвления по схеме на рис. 3.42.

Пассажирские перевозки будут выполняться едиными транспортными средствами при 6—8 местах для сидения. Транспортные средства в местах интенсивных перевозок будут объединяться в поезда,

рис. 3.39. Деление линий по направлениям на конечной станции



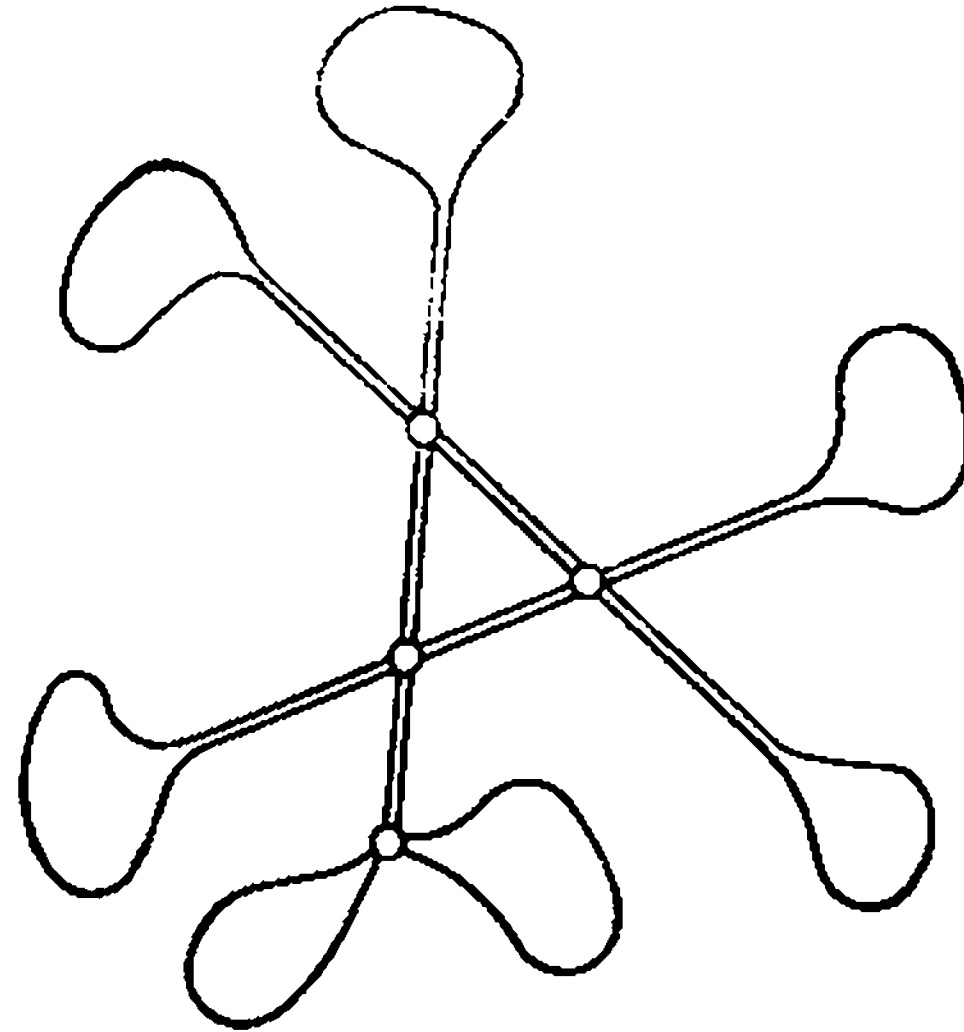


Рис. 3.40. Сеть путей сообщения треугольного типа

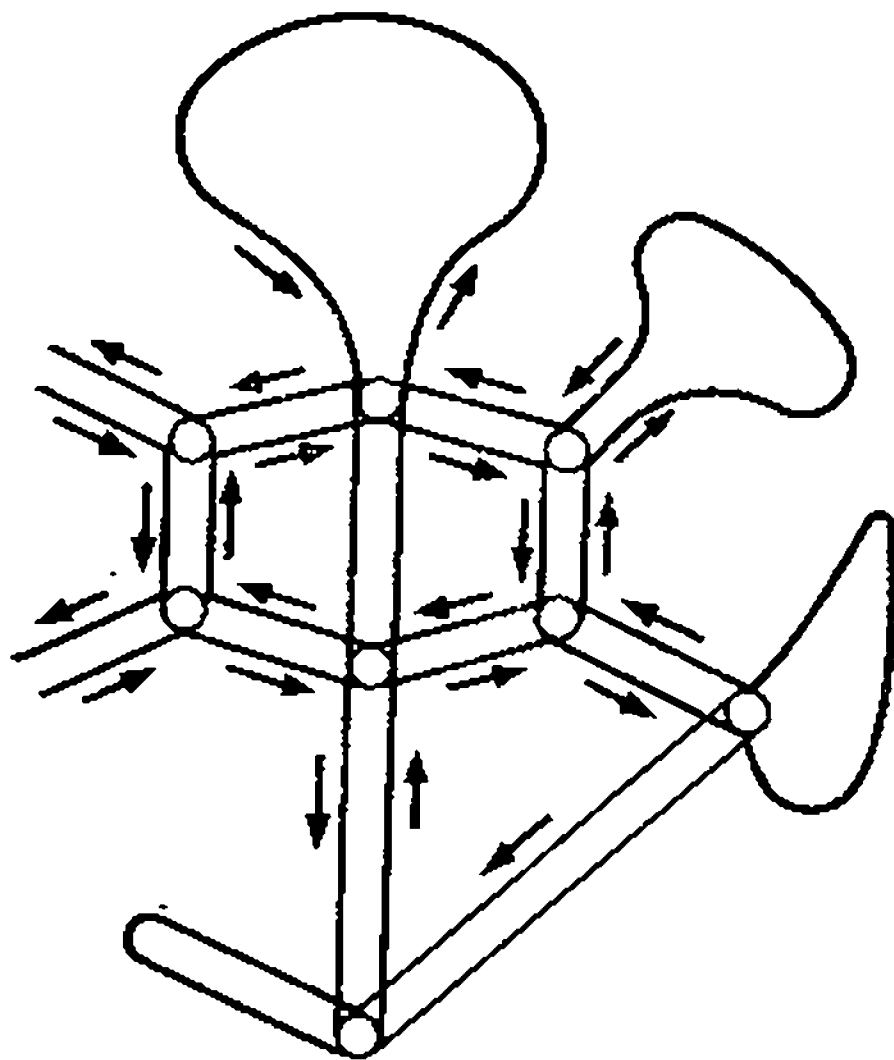


Рис. 3.41. Схема линейного управления системы *H-Bahn Siemens*

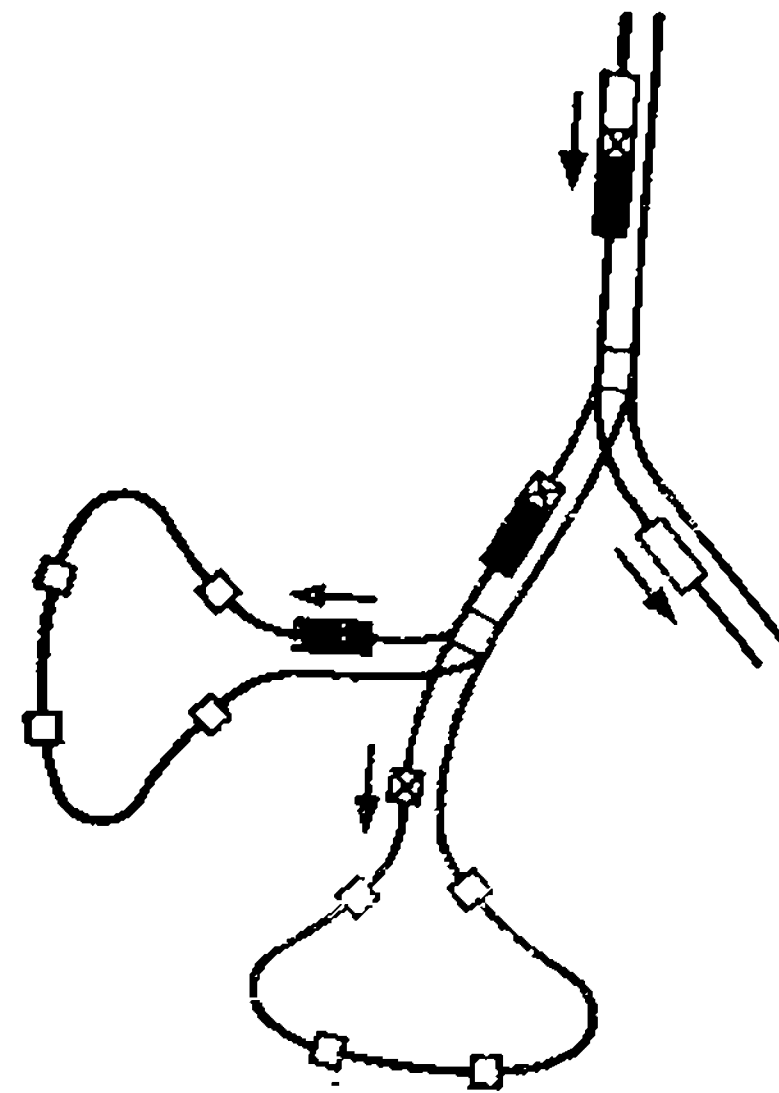


Рис. 3.42. Организация движения транспортных средств системы *Transurban-Takt*

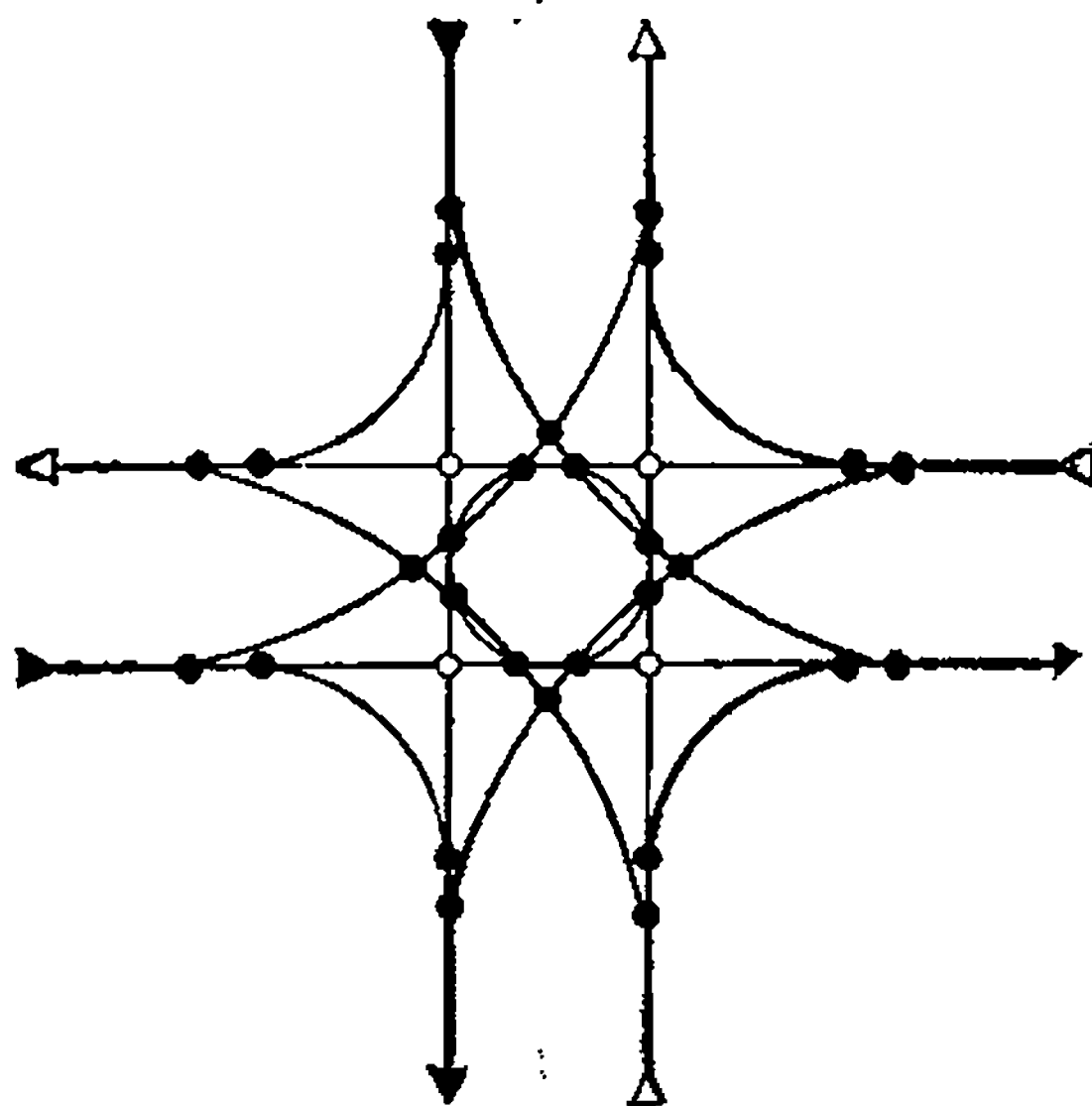


Рис. 3.43. Движение при пересечении в растровой сети

а при езде от центра города в направлении окраин эти поезда будут постепенно расцепляться на отдельные транспортные средства, которые будут следовать к отдельным конечным станциям. При обратном движении к центру города отдельные кабины вновь будут объединяться в поезда. Движение запрограммировано и не может быть изменено пассажирами.

При формировании растровой сети сложные проблемы возникают в местах пересечения линий в одном уровне (рис. 3.43). В случае развязки в разных уровнях, например в четырех, между отдельными уровнями должна быть разность высот не менее 3,5 м. Общая же высота развязки в разных уровнях должна быть не менее 15 м. Если предположить, что при такой развязке для выхода на каждый уровень потребуется применять уклоны 0,1, длина раз-

вязки составит 300 м. Не требуется подчеркивать, насколько усложнится обстановка на улицах. Вместе с тем необходимо, чтобы такая транспортная система при выполнении соответствующих условий была простейшей.

Рациональное размещение станций на сети таких систем играет важную роль при высококачественной и комфортабельной перевозке пассажиров. Густота станций зависит от густоты расселения и размещения путей сообщения. В исследовательских материалах системы *H-Bahn Siemens* рассматривалось расстояние между станциями 500—600 м.

Оптимальное размещение сети таких систем играет важную роль в повышении привлекательности и конкурентоспособности индивидуального транспорта. Оптимальное размещение сети способствует снижению капитальных вложений.

Последовательность формирования сети показана на рис. 3.44, где рассматривается простой способ решения данной проблемы для системы *H-Bahn Siemens*.

Как уже было показано, транспортные системы больших кабин являются в отношении перевозок промежуточными между системами малых кабин и классическими рельсовыми транспортными системами. Поездка между станцией посадки и станцией высадки может быть выполнена без остановок, что зависит от числа пассажиров в соответствующей кабине. В отличие от этого многоместные транспортные средства, например рельсовый подвижной состав, планомерно останавливаются на каждой станции или остановочном пункте независимо от пожеланий пассажиров. Цель поездки может быть достигнута кроме данной линии, и с помощью других, с одной или несколькими пересадками.

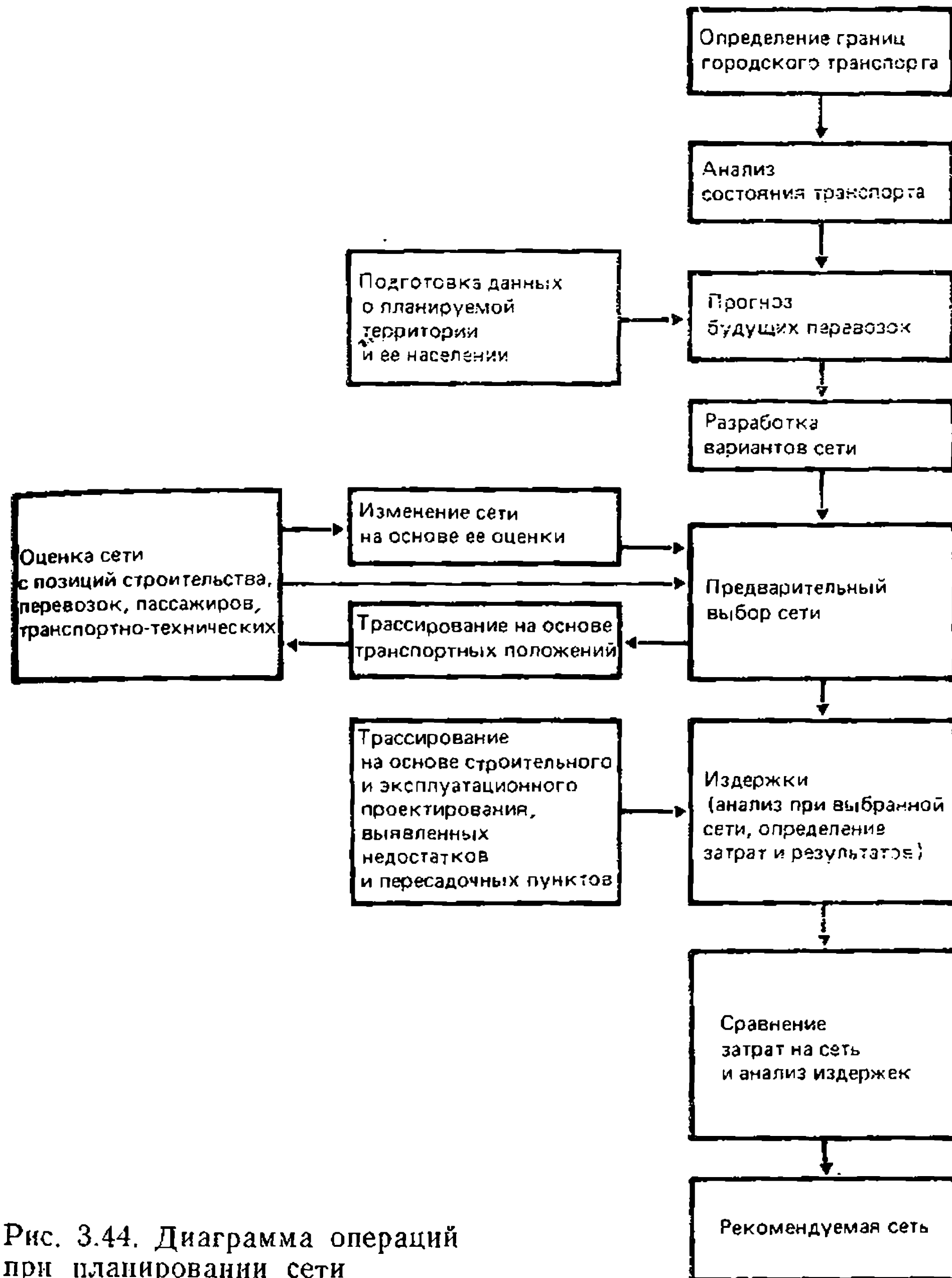


Рис. 3.44. Диаграмма операций при планировании сети

Большекабинные транспортные системы обеспечивают значительное улучшение перевозки пассажиров по сравнению с классическим рельсовым транспортом.

В соответствии с рис. 2.4 главное значение большекабинных транспортных систем состоит в том, что они имеют больше возможностей выбора пункта назначения и сокращают время поездки за счет меньшего числа остановок и пересадок.

Эти транспортные системы могут выполнять перевозки следующими способами:

- кабины останавливаются по требованию на каждой станции;

- кабины останавливаются по требованию на определенных станциях;

- остановки осуществляются по требованию на станциях одной группы.

Число остановок определяется пассажирами в зависимости от числа входящих пассажиров и числа станций назначения. Предельные случаи: все пассажиры выходят на одной станции; каждый пассажир выходит на своей станции, что предполагает остановку на каждой станции при условии, чтобы число станций было не больше числа пассажиров в кабине.

При этих транспортных системах целесообразно такое организационное решение, которое обеспечивает повышенные потребности в перевозках и использует более крупные транспортные средства, причем вычислительная машина диспетчерского пункта выбирает отдельным кабинам маршрут, а пассажирам подбирает кабины для поездки в соответствии с индивидуальными станциями назначения.

На рис. 3.45 показана зависимость маршрутной скорости от расстояния между станциями и скорос-

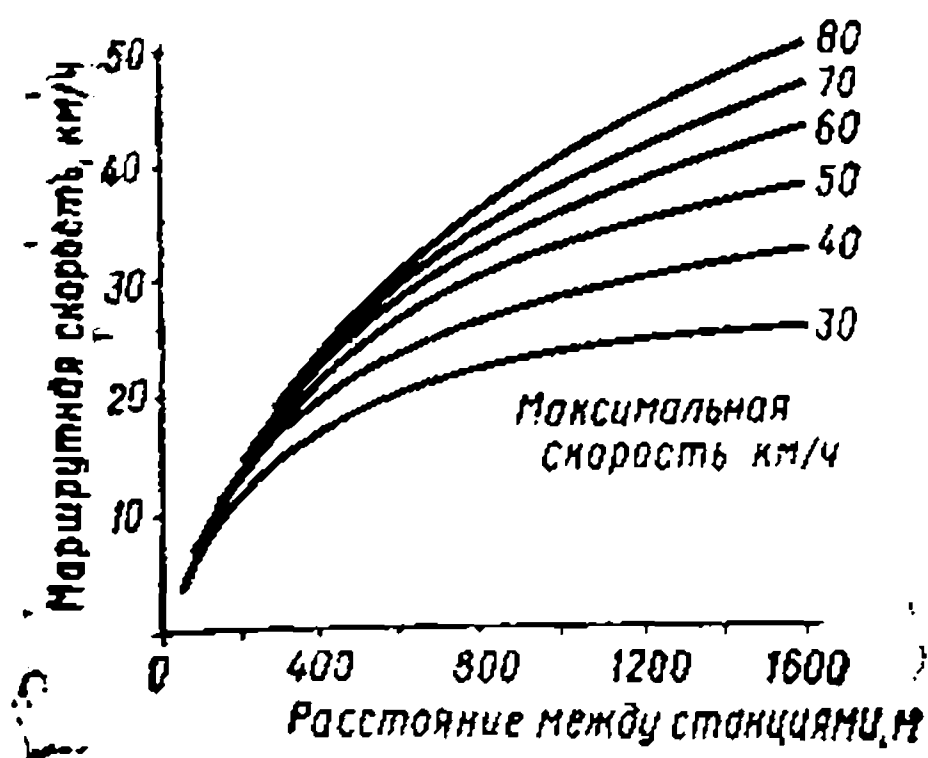


Рис. 3.45. Зависимость маршрутной скорости от расстояния между станциями и максимальной скорости

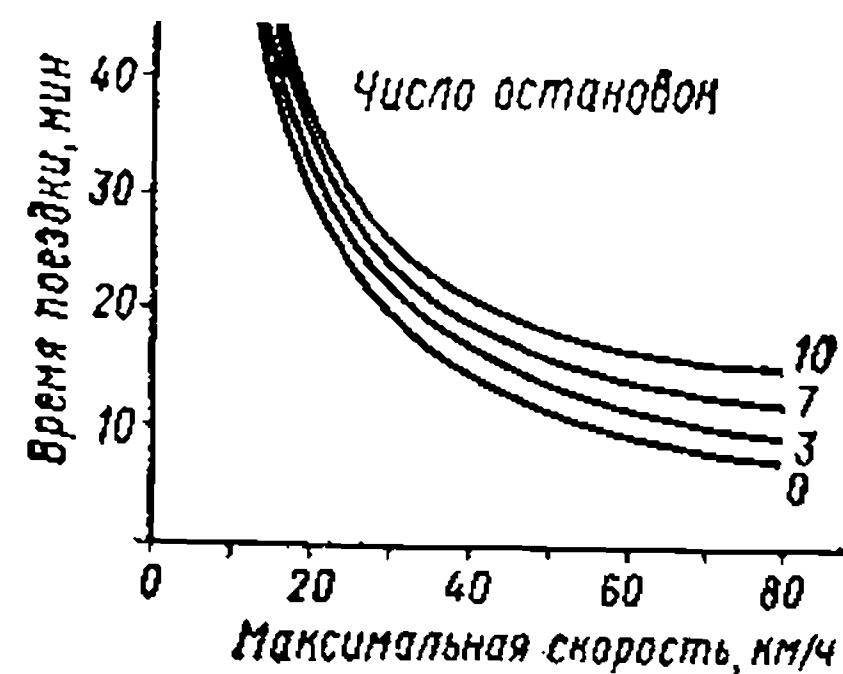


Рис. 3.46. Зависимость времени поездки от числа остановок и скорости

ти движения кабин. Для построения этого графика использованы следующие значения: разгон до наибольшей скорости выполняется при ускорении  $a = 1,3 \text{ м/с}^2$ ; езда при наибольшей скорости  $v_{\text{max}}$  происходит до момента начала торможения перед ближайшей станцией; постоянное замедление  $b_{\text{const}} = 1,3 \text{ м/с}^2$ ; стоянка  $t = 30 \text{ с}$ . Это требование применено при организации работы по схеме *OFF-LINE*.

На рис. 3.46 показана зависимость времени поездки от числа остановок и скорости. Для этого графика расстояние поездки  $l = 10 \text{ км}$ ; ускорение  $a = 1,3 \text{ м/с}^2$ ; замедление  $b = 1,3 \text{ м/с}^2$ ; длительность стоянки  $t = 30 \text{ с}$ ; максимальная и ходовая скорости  $v_s = 20 \div 80 \text{ км/ч}$ . При данном расстоянии и езде без промежуточных остановок экономия времени при скорости 20 км/ч составляет 12%, а при скорости 80 км/ч — 50%.

Система Skybus-Transit Expressway System фирмы Westinghouse Electric Co. (США) использует



подвижной состав на специальной путевой структуре. Поезд может включать до 10 отдельных вагонов. Перевозки организуются с учетом порядка движения. При использовании всех мест для сидения провозная способность 840—8400 пассажиров/ч. С учетом мест для стояния провозная способность 2100—21 000 пассажиров/ч.

Подвижной состав изготовлен из легкого металлического сплава. Колеса резиновые и движутся по узким бетонным балкам. Тяга создается вращающимся тяговым двигателем. Посредине бетонной двутавровой балки размещен направляющий металлический рельс, приспособленный для подачи энергии и управления движением. Минимальный радиус кривых в плане 45 м. Остановки размещены прямо по трассе на удалении 500—1000 м. Управление подвижным составом автоматизировано с помощью ЭВМ. Данная транспортная система может быть использована непосредственно в городской черте. В 1965—1966 гг. эксплуатировалась в Питтсбурге.

Кроме системы Skybus фирма Westinghouse Electric Co. разработала систему под названием Satellite Transit.

Кабинная система АСТ (Automatically Controlled Transportation) фирмы Ford Motor Company (США) имеет кабину с 12 местами для сидения и 12 местами для стояния (рис. 3.47). Система работает по схеме *ON-LINE*, от пункта отправления до пункта назначения движется автоматически без остановок. При изготовлении кабины использованы автомобильные детали с элементами пассивной безопасности. Использование таких деталей при изготовлении кузова обеспечивает снижение капитальных вложений. Кабина имеет установку кондиционирования возду-

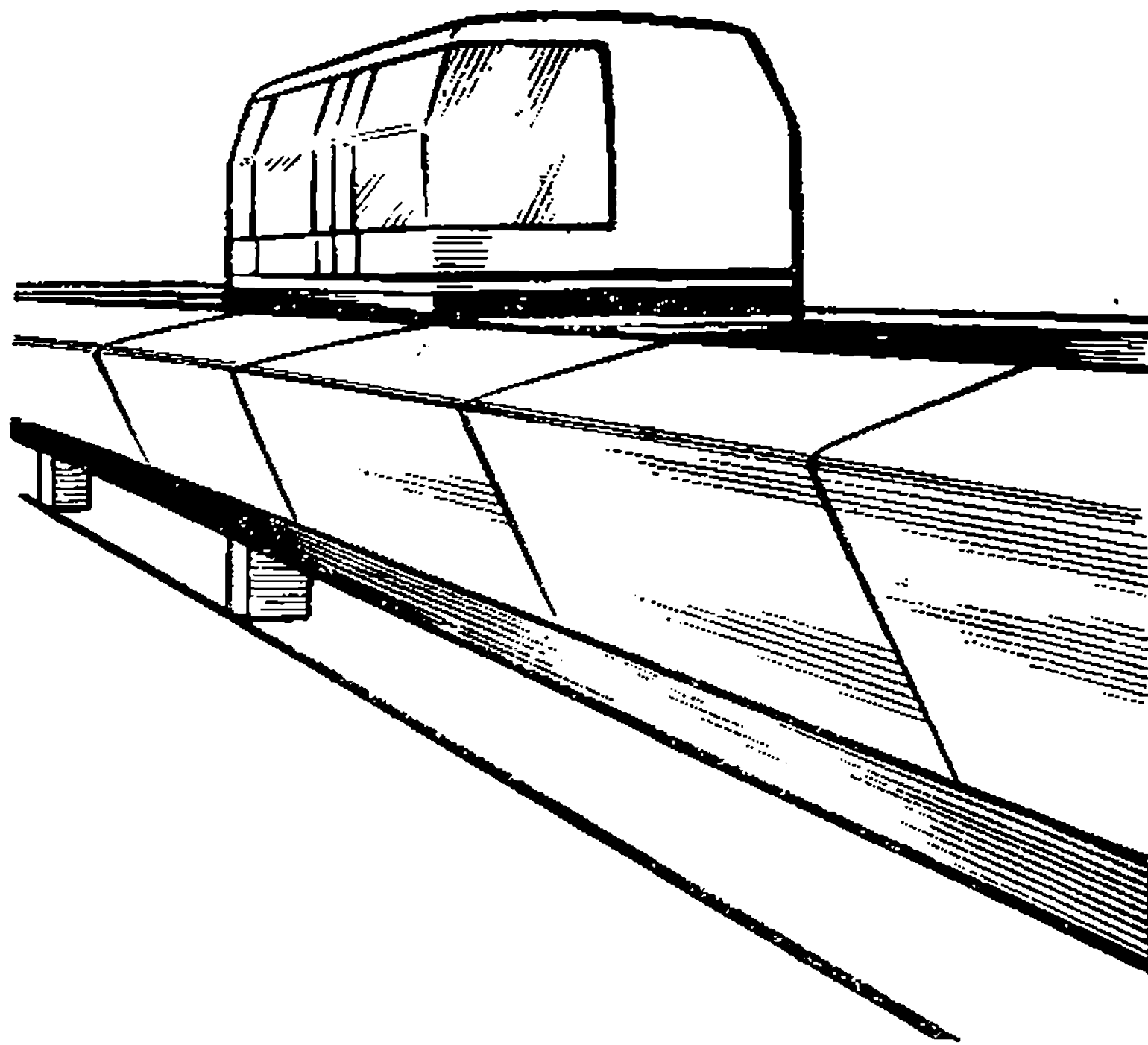


Рис. 3.47. Кабинная система АСТ

ха, оси от грузовых автомобилей, пневматические колеса. Бетонная проезжая часть U-образной формы наземная или подземная. Внутри путевой структуры расположены питающий рельс и оборудование для передачи информации для автоматических устройств. Минимальный радиус кривых 23 м, максимальный уклон 0,06. Автоматическое управление обеспечивает интервал 2 с. Стрелочные переводы пассивного типа. Управление и контроль движением обеспечиваются классической иерархической структурой — подвижной состав, напольные и центральная ЭВМ.

Система Dashaveyor фирмы Dashaveyor Co. (Bendix Co., США) была впервые показана на выставке

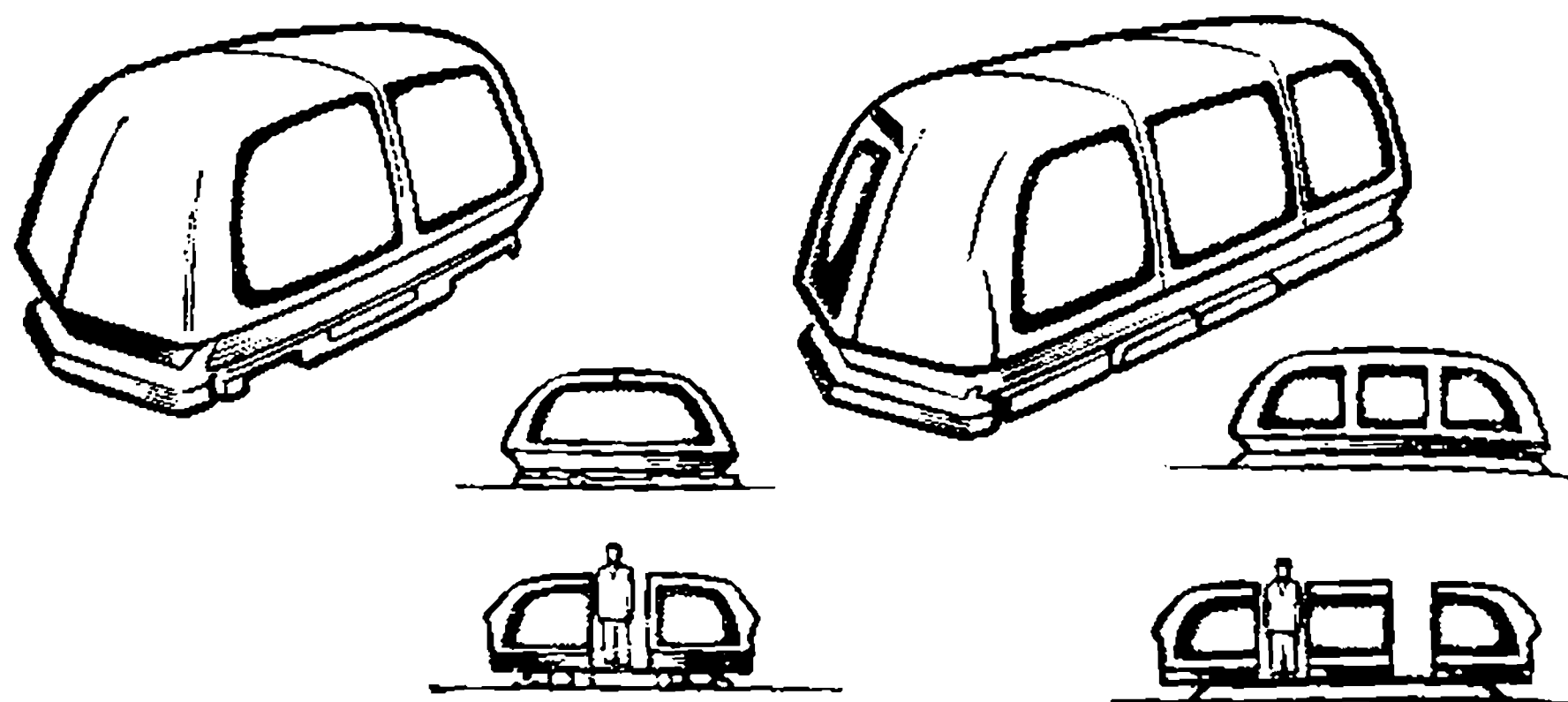


Рис. 3.43. Основные типы кабин системы TTI на 6 и 12 пассажиров

TRANSPO 72 как экспериментальная. Это перевозочная система, которая может быть использована для маятникового движения между двумя станциями. Транспортные средства движутся по дорожной схеме. Позже перешли на перевозки по требованию. Провозная способность системы около 2700 пассажиров/ч. Вагоны на 12 мест для сидения и 12 мест для стояния. Имеются кондиционеры. Опорные колеса пневматические, а направляющие — резиновые. Движение обеспечивается вращающимся тяговым двигателем. Стрелочные переводы пассивные. Минимальный радиус кривых в плане 16 м. Управление движения обеспечивается с помощью центральной ЭВМ. Данная система предназначена для эксплуатации в аэропортах и в центрах городов.

Система TTI (Personal Rapid Transit) фирмы Transportation Technology Inc. (США) показана на рис. 3.48. Вагоны разрабатывались и испытывались для индивидуальных и коллективных поездок. Система полностью автоматизирована. Она предназна-

чена для создания оптимальных связей между центром и густонаселенными окраинами города. Поездка возможна по вызову с выбором станции посадки и высадки. В часы «пик» возможна езда по дорожной схеме. Провозная способность 400—5000 пассажиров/ч. Кабина для групповых поездок имеет длину 4,15 м, ширину 2,1 м, высоту 1,15 м и вместимость 12 мест для сидения (не более 16 мест). Кабина для индивидуальной поездки имеет длину 4,15 м, ширину 2,1 м и высоту 3,0 м. Эта кабина имеет 6 или 8 мест для сидения. Кабины обоих типов приводятся в движение линейным двигателем на воздушной подушке. Бетонная проезжая часть надземная и имеет боковые выступы для управления подвижным составом. Минимальный радиус кривых 30 м. Управление обеспечивает движение кабины по оптимальному маршруту. Скорость кабин регулируется и контролируется от центральной ЭВМ. На станциях расположены локальные ЭВМ для управления станционной работой.

Система Airtrans (рис. 3.49) фирмы LTV Aerospace (США) используется в аэропорту Форт Уорт в Далласе. В кабине 16 мест для сидения. Перевозки выполняются по дорожной схеме. Система приспособлена для перевозки контейнеров. Кабины можно соединять в поезда. Помещение для пассажиров снабжено кондиционерами. Несущие колеса пневматические. Направляющие колеса размещены в углах кабины. На линиях этой системы достигается маршрутная скорость 23 км/ч. Вращающийся тяговый двигатель трехфазный. В питающем рельсе напряжение 480 В. Бетонная проезжая часть имеет U-образную форму. Стрелочные переводы активные, с подвижными сердечниками. Станции располагаются

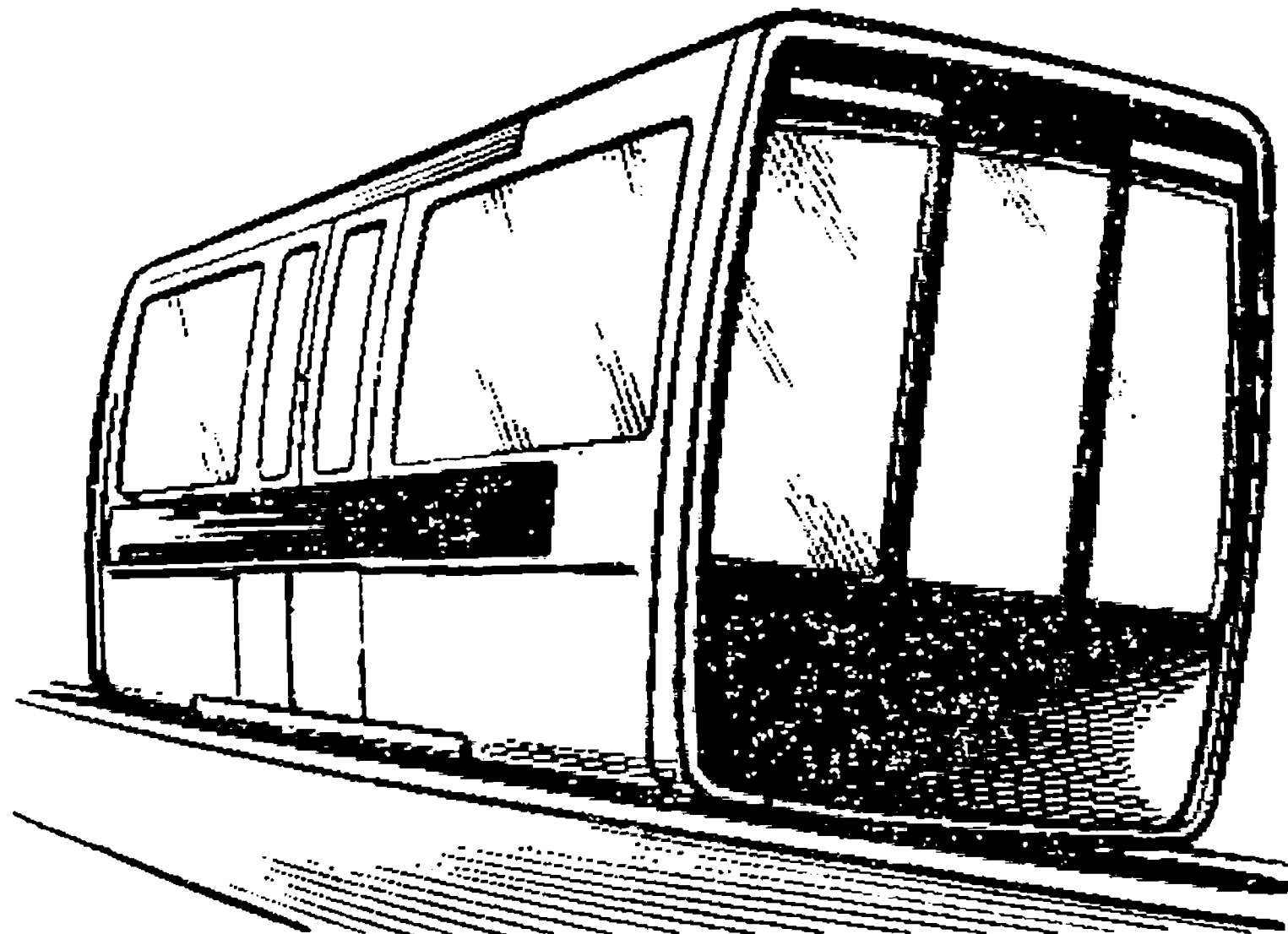


Рис. 3.49. Кабина системы *Airtrans*

параллельно главному пути, а платформы отделены дверями, которые открываются одновременно с дверями вагона. Контроль расстояния между кабинами осуществляется системой блокировки с помощью ЭВМ. Передача информации обеспечивается по рельсам. Всей системой управляет центральная ЭВМ. Бортовая ЭВМ в вагоне запоминает всю сеть, оптимальный маршрут, управляет стрелками и контролирует скорость движения.

Система Morgantown PRT (Personal Rapid Transit, США) — кабинная. Основная идея — это прямое сообщение без пересадок. Время ожидания не более 2 мин, провозная способность 5000 пассажиров/ч в одном направлении. Была испытана в международном аэропорту Хьюстона. Колеса пневматические. Тяговый двигатель питается от сети напряжением 575 В, электроснабжение от питающего



рельса. Интервал между поездами 15 с. Минимальный радиус 9 м, максимальный уклон 0,1. Стрелочные переводы пассивные. Станции расположены параллельно главному пути, а платформы отделены стенкой. Двери в стенке открываются одновременно с дверями кабины. Управление и контроль движением организованы иерархически [21]; бортовая ЭВМ управляет скоростью движения, открыванием и закрыванием дверей, интервалом движения (расстоянием между вагонами): станционная (напольная) ЭВМ управляет путевой структурой, стрелочными переводами и прибытием вагонов на станцию; центральная ЭВМ контролирует, управляет всей работой и движением вагонов.

Первая экспериментальная дорога системы *H-Bahn* фирм Siemens и Duwag (ФРГ) создана в Эрлангене (близ Нюрнберга). Кабины разных размеров, подвесные. Из унифицированных единичных модулей кабин можно создавать кабины разного размера и разной вместимости. Кабины можно также соединять в поезда. Вагонная тележка двухколесная. Колеса размещены посередине и имеют гребни бандажей. В полой балке расположены опорные и направляющие рельсы. Тяговое усилие создается линейным или вращающимся тяговым двигателем.

Транспортная кабинная система *Transurban System* фирмы Krauss-Maffei AG (Мюнхен, ФРГ) состоит из кабин на 12 мест для сидения и 6 мест для стояния (рис. 3.50). Кабины скользят на магнитной подвеске по специальной дороге. Перевозочный процесс полностью автоматизирован и обеспечивает движение поездов друг за другом. При необходимости, например в часы «пик», кабины автоматически объединяются в поезда. Разработчики утверждают, что

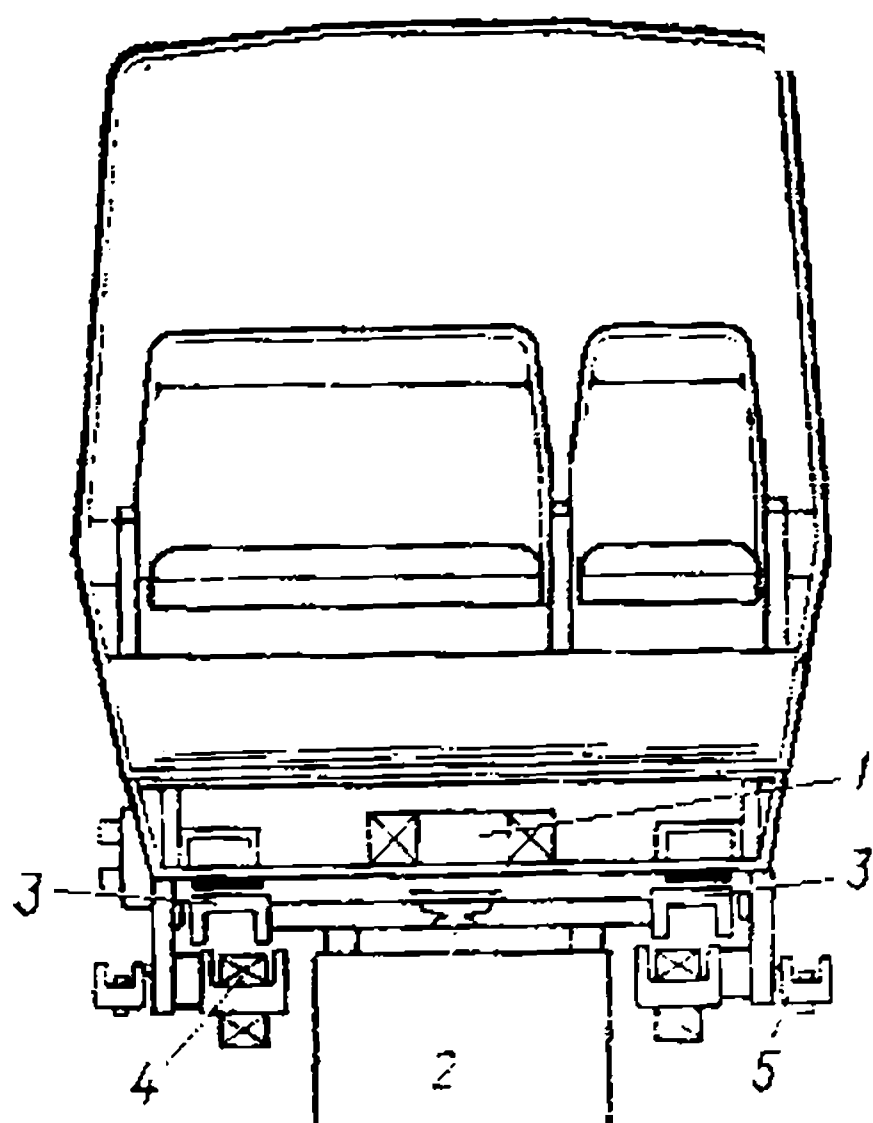


Рис. 3.50. Поперечное сечение подвижного состава и путевой структуры системы *Transurban-Takt*:

1 — линейный двигатель; 2 — реактивный рельс; 3 — магнитный рельс; 4 — несущий и направляющий магнит; 5 — вспомогательный магнит для езды по стрелочным переводам

каждая кабина может быть доставлена на любую станцию за 30—60 с. Провозная способность достигает 18 000—30 000 пассажиров/ч в одном направлении. Кабина имеет багажное отделение и оборудована кондиционерами.

Несущая система предусматривает использование притягивающих сил между электромагнитами, расположенными под кузовом кабины и на пути. Сила электромагнитного поля во время движения регулируется. Разгон и торможение кабины обеспечиваются линейными (индуктивными) двигателями. Такой способ опирания и разгона (торможения) транспортного средства характерен тем, что обеспечивается без механического контакта, вследствие чего он беззвучен. Электроснабжение по питающему рельсу.

Разработчики утверждают, что данная система может быть устроена в тоннелях и на уровне проезжей части улиц. Минимальный радиус кривых в пла-



не 15—30 м. Максимальный уклон элементов продольного профиля 0,15. На путевой структуре уложены стрелочные переводы пассивного типа без подвижных частей. Изменение направления обеспечивается магнитом с использованием магнитного поля на транспортном средстве. Расположение станций по схемам OFF-LINE и ON-LINE. Остановки только в пунктах, заданных пассажирами при входе и на станциях. Длительность остановки определяется только временем, необходимым для удобной посадки и высадки пассажиров.

Управление транспортными средствами осуществляется с помощью ЭВМ, которая руководит всей работой. ЭВМ управляет соединением и разъединением кабин, заданием маршрутов и дальнейшими необходимыми операциями в пути.

Система URBA разработана фирмой *Compagnie d'Énergie Linéaire* (Франция). Кабины скользят по вакуумной подушке, а в остальном не отличаются от системы *Safage*. Разработчики утверждают, что провозная способность составляет 10 000 пассажиров/ч в одном направлении. Экспериментальные кабины были длиной 9 м и имели вместимость более 36 пассажиров. Скорость движения достигала 70 км/ч. Движение обеспечивается линейным двигателем. Опорные и направляющие рельсы представляют собой металлические балки. Вакуумная подушка создается вентиляторами. Система с таким оборудованием бесшумна.

### 3.3. АВТОБУСЫ ПО ЗАЯВКАМ

Автобусы по заявкам (см. рис. 2.1, 2.2 и 2.3) относятся к самостоятельной группе новых транспортных систем в связи с тем, что речь идет о новой систе-

ме управления и организации перевозок. Работу выполняют не по дорожной схеме и не по графику, а обеспечивают индивидуальные заявки пассажиров, которые суммируют и оптимизируют с помощью ЭВМ. К этой группе не относятся автобусы с двойной системой тяги и для двойной путевой структуры. Они будут рассмотрены далее. Автобусы по заявкам маломощные. Это миниавтобусы.

Систему автобусов по заявкам можно описать как сочетание преимуществ перевозки в такси и линейных автобусных перевозок. От классических автобусных перевозок такие перевозки отличаются тем, что имеют динамический порядок движения и динамический маршрут.

Данную систему перевозок испытывали многие фирмы в США и ФРГ. Автобусы по заявкам обслуживают только тех пассажиров, которые не имеют или не желают использовать индивидуальные автомобили, но в то же время хотят иметь гарантированное транспортное средство для поездки «от двери до двери». На рис. 3.51 показано место автобуса по заявкам в системе городского транспорта.

Новая транспортная система — автобус по заявкам — по существу выполняет перевозки малыми автобусами, например с 10 местами для сидения и 10 местами для стояния. Основной отличительной чертой этой системы является использование транспортного средства по потребности. У такой транспортной системы нет определенного дорожного порядка. От систем с классическими автобусными перевозками в ГОТ эта система отличается тем, что автобусы поступают в распоряжение пассажира, желающего отправиться в путь, в произвольный момент времени. Центр управления в лю-

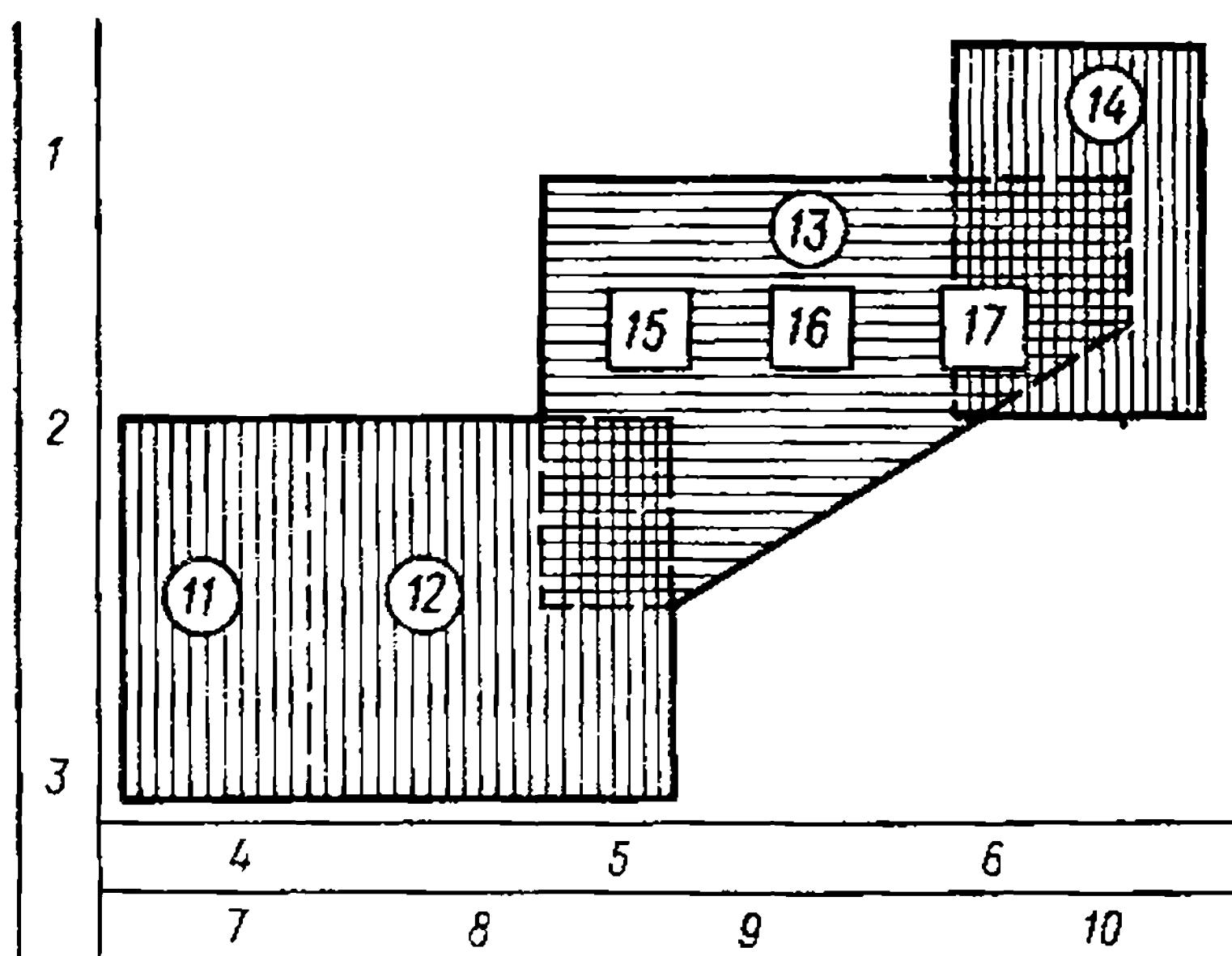


Рис. 3.51. Место автобусов по заявкам в системе городского общественного транспорта [19]:

1 — ориентация на потребности, случайное использование; 2 — короткое время ожидания; 3 — длительное время ожидания; 4 — непосредственное достижение пункта назначения недостаточно; 5 — много пунктов назначения достигается с пересадками; 6 — все пункты назначения достижимы непосредственно; 7 — большой пеший переход; 8 — короткий пеший переход; 9 — начало и конец маршрута достижимы непосредственно; 10 — «от двери до двери»; 11 — подвижные пешеходные дорожки; 12 — классический автобус; 13 — автобус по заявке; 14 — такси; 15 — система «от многих к одному»; 16 — система «от многих к нескольким»; 17 — система «от многих к многим»

бой произвольный момент времени знает положение и загрузку всех автобусов. Пассажир сообщает в ближайший центр управления свою заявку на поездку. Можно считать, что пассажира доставляют «от двери до двери». Такую систему можно определить как информационную автобусную систему с оптимальным использованием транспортных средств для

пользователей и транспортников (транспортного предприятия).

Достоинства данной системы:

транспортное средство в кратчайшие сроки готово к использованию в любое время;

поездка выполняется без пересадок;

пеший подход к станции не требуется;

высокая точность движения (непрерывный контроль за работой);

готовность к перевозке для каждого пассажира действительно индивидуальная;

простейшая приспособляемость к потребностям в перевозках;

загрузка автобусов оптимальная;

для перевозки пассажиров в периоды спада потребностей в перевозках можно использовать такси;

в часы «пик» автобусное движение можно организовать по графику;

перевозки хорошо приспособляемы к конфигурации города и схеме транспортной сети;

длительность поездки минимальная.

Транспортные системы рассматриваемого типа имеют следующие недостатки:

в часы «пик» может потребоваться большее время ожидания соответствующего выделенного автобуса, чем обычного маршрутного автобуса;

при маломощных транзитных средствах (автобусах) для перевозки определенного числа пассажиров может потребоваться большее число водителей, производительность в часы «пик» в таком случае меньше.

Управление транспортными средствами может выполняться вручную или ЭВМ. Когда системой управляет ЭВМ, обеспечивается перевозка большего

числа пассажиров. Автобус по заявке имеет достоинства такси, перевозит большее число пассажиров, иногда на большие расстояния, причем эксплуатационные издержки и затраты пассажиров меньше.

Система автобусов по заявкам содержит следующие основные компоненты: система связи пассажиров, система связи транспортных средств, транспортные средства.

Пассажир может связаться с транспортной системой с квартирного или общественного телефона. Связь звуковая или графическая (цифровая). Соответствующие пожелания могут быть переданы в ЭВМ или оператору. Плановая поездка или поездка по требованию кодируется, например, в цифровом виде. Система связи транспортного средства возможна на основе звукового телефона или цифрового кода. При цифровом сообщении водитель получает информацию на экране в табличном или графическом виде. Для передачи такой информации нужно меньшее число каналов связи, постоянная информация не нуждается в передаче. В больших системах цифровая передача информации экономичнее, в центре управления требуется меньшее число работников. Транспортные средства таких систем имеют вместимость 10—20 пассажиров. При эскизном проектировании транспортных средств для таких перевозок следует исходить из требований удобного входа и выхода пассажиров. Транспортные средства должны иметь кондиционерные установки с индивидуальным регулированием. На каждое место пассажира должно быть предусмотрено одно место для багажа, в транспортном средстве должно быть достаточно места для прохода пассажиров.

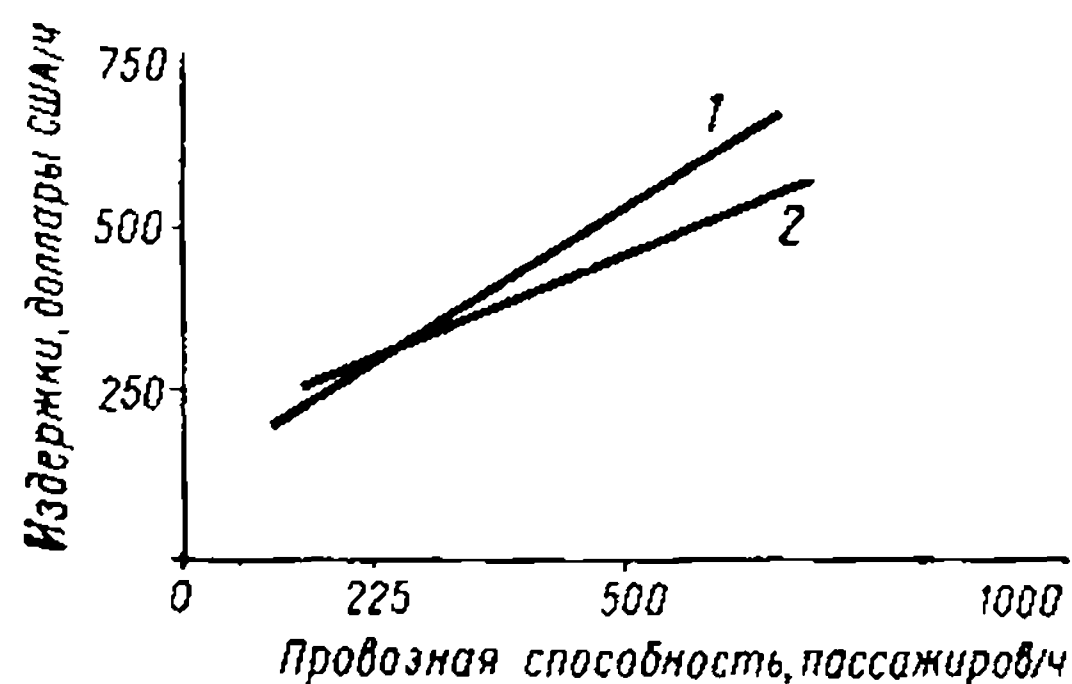


Рис. 3.52. Сравнение эксплуатационных издержек автобусов по заявкам: 1 — управление вручную; 2 — управление с помощью ЭВМ

Управление автобусами вручную и ЭВМ зависит от потребностей в перевозках в часы «пик» и от транспортных издержек. Фирма General Motors в 1972 г. исследовала такие системы управления. Результаты приведены на рис. 3.52.

Транспортная система автобусов по заявкам не предусматривает никаких особых путей и станций. Автобус использует обычную уличную сеть, без особых устройств. В то же время, если речь идет о малых автобусах (микроавтобусах), радиусы для разворотов на конечных станциях могут быть меньше, а сами автобусы могут двигаться по более узким улицам. Станции простые, без специальных устройств.

Цель, поставленная перед транспортной системой автобусов по заявкам, может быть выполнена только тогда, когда все входящие в нее компоненты будут взаимно дополнять один другого. Категорически недопустимы взаимные противоречия. При разработке проблемы автобусов по заявкам в ФРГ было исследовано несколько систем, в США — *North Western University (NU)*, *Westinghouse Air Brake Company (WABCO)*, *Massachusetts Institute of Technology (MIT)*, *General Motors Research Laboratories (GMRL)*.

Чтобы лучше понять систему автобусов по заявкам, рассмотрим некоторые компоненты этих систем подробнее.

1. Выбор транспортного средства для использования пассажиром раздельный. Имитационная программа North Western University считает целесообразным при известной потребности в перевозках выбрать прежде всего транспортное средство, которое ближе всего к месту посадки. Если этот автобус не может взять данного пассажира из-за несовпадения маршрута с маршрутами уже едущих в автобусе, рассматривается следующий ближайший автобус. Если и он не подходит, из перечня автобусов выбирается следующий и т. д.

Фирма Westinghouse (WABCO) приписывает ожидающим пассажирам приоритетные оценки с учетом времени ожидания, удаления, маршрута и других факторов. Более удаленное транспортное средство может быть использовано только в случае, если будет превышено определенное время ожидания.

В системе MIT выбор транспортного средства основывается на длительности ожидания, точно установленных остановках на данной линии и на транспортных потребностях остальных пассажиров.

В системе GMRL стремятся к максимальному заполнению автобусов. Исходят из того, что из автобусов, которые перевозят пассажиров, выбирается наименее загруженный.

2. Очередность перевозок в системе North Western University определяется так, чтобы обеспечить скорейшую доставку пассажиров. Поступают так, чтобы при увеличении времени поездки пассажиров ни один из них не находился в пути дольше установленного времени.



В системе *MII* проект учитывает планируемое время ожидания и перевозки пассажиров. При решении задач учитываются условия, определяемые транспортными пунктами на маршруте, и временные условия.

3. Все разработанные системы имеют центральную автобусную станцию, расположенную близ железнодорожного вокзала. Гарантированное время перевозки зависит от удаления самого далекого места в квадрате  $3 \times 3$  км от станции. При скорости 20 км/ч длительность перевозки около 8 мин.

4. Стратегия использования нового автобуса состоит в том, что его вводят в эксплуатацию тогда, когда находящиеся в движении автобусы уже не в состоянии обеспечить перевозки. В системе *WABCO* использование нового автобуса зависит от того, выгодно ли оставить другие автобусы на выполняемых перевозках. Новый автобус забирает больше всего ожидающих пассажиров на наиболее длинных маршрутах. Другие системы принимают решение о вводе в работу нового автобуса, когда остальные транспортные средства не в состоянии выполнить потребности в перевозках при заданных условиях. Система *GMRL* с учетом размеров обслуживаемой территории наметила сеть автобусных остановок так, чтобы время ожидания не превышало 5—10 мин.

5. Качество обслуживания определяется минимальным и максимальным временем ожидания и наибольшей продолжительностью поездки. В системе *NU* время ожидания ограничено 6 мин. Система *GMRL* использует в качестве критерия уровня обслуживания ограничение максимального времени ожидания и максимальной длительности поездки.

6. Продуктивность работы определяется числом отдельных поездок на один автобус в час. Из американских исследований вытекает, что при числе поездок менее 20 на 1 км<sup>2</sup> продуктивность системы существенно падает. В настоящее время утверждают, что величина обслуживаемой территории не влияет на продуктивность автобусов. Качество обслуживания можно также оценить по отношению времени поездки к времени ожидания. Некоторые авторы отмечают зависимость продуктивности транспортного средства от скорости, длины маршрута, характеристик потребностей в транспортных средствах. Продуктивность перевозок по системе «от многих к одному» вдвое выше, чем при перевозках по системе «от многих к многим» (см. рис. 3.51).

Перед внедрением перевозок с помощью автобусов по заявкам должны быть определены:

площадь территории, подлежащей обслуживанию;

примерная скорость движения автобусов;

гарантированное время ожидания;

гарантированное максимальное время поездки по сравнению с использованием персональных автомобилей.

Основные идеи и требования перевозки пассажиров автобусами по заявкам «от двери до двери» (в американской литературе — «от многих к многим») можно реализовать по принципу от менее сложных организационных систем до автоматизированного способа согласно следующим рабочим схемам.

1. Работа по графику с переменным маршрутом езды. При необходимости водитель может отклониться от заданного маршрута и доставить пассажиров к месту назначения.

2. Система «от многих к одному». Пассажиры с разными пунктами отправления (источники пассажиропотоков) имеют единый пункт назначения (аэропорт, торговый центр, вокзал, станция метрополитена и т. п.).

3. Система «от многих к нескольким» обеспечивает связь с ближайшими центрами, образуя распределительную транспортную сеть.

4. Система «от многих к многим» представляет собой такую схему обслуживания, при которой пассажиры имеют разные пункты посадки и высадки. Такая система чаще всего соединяет элементы автобусной сети и остановки такси.

Для освещения основных идей приведем примеры некоторых систем.

1. В городе Мэнсфилд (США) с населением около 60 тыс. чел. из центра к окраинам имеется 10 радиальных линий. Поездка в одном направлении требует около 30 мин. С помощью телефона можно связаться с водителем автобуса. Автобус может отклониться от своего маршрута для доставки к дому. За это приходится вносить дополнительную плату. Такие перевозки обеспечиваются в период с 7.15 до 18.15. Автобусы Ford Courier имеют 11 мест для сидения.

2. В городе Эммен (Голландия) была опробована система *BUXI*. Население города составляет около 36 тыс. жителей. Рассматриваемая транспортная система соединяет центр города с железнодорожной станцией и с кварталами города Эммергут. На линиях эксплуатировались автобусы Mercedes 0309 с 11 местами для сидения. Интервал между автобусами в период от 5.40 до 0.24 составлял 30 мин. График движения был согласован с прибытием при-

городных поездов. На обратной дороге автобусы подбирали пассажиров по требованию. По телефону можно было забронировать место в автобусе.

3. В городе Колумбус с населением около 55 тыс. жителей автобусные перевозки с движением по жесткому графику были заменены на автобусное движение по гибкому маршруту. От 6.30 до 21.30 эксплуатировались четыре автобуса с 19 местами для сидения в каждом. В часы «пик» движение автобусов регулировалось двумя транспортными служащими. По желанию пассажира маршрут движения можно было заменить на параллельный. Водитель в определенное время должен был прибыть на каждую из 22 станций.

4. Основная транспортная система городских железных дорог в городе Бэй-Риджс (США) дополнена автобусами по заявкам в качестве распределительной транспортной системы. Пять автобусов управляются одним диспетчером вручную. Часовая производительность составила 21—25 пассажиров, а в рабочие дни — от 200 до 465 пассажиров. Затраты окупались примерно на 50%. Движение осуществлялось не по графику.

5. Экспериментальные перевозки автобусами по заявкам в городе Хеддонфильд (США) с населением около 15 тыс. жителей выполняются по схеме без твердого графика движения. Управляют обслуживанием вручную. Перевозка пассажиров выполняется по заявкам на точно заказанные поездки. Перевозки обеспечиваются 12 автобусами с 20 местами для сидения. Организация перевозок обеспечивается с помощью ЭВМ.

6. В городе Регина-Саскачеван была испытана система «от многих к одному». Город имеет террито-

рию около 7,1 км<sup>2</sup> и население 18 тыс. жителей. Перевозка пассажиров обеспечивается классическими автобусами. Речь идет о классической системе перевозки пассажиров на главных линиях или на других массовых направлениях. Автобусы вместимостью на 42 места для сидения управляются вручную. Интересно, что каждые 30, а иногда 15 мин от главных пунктов на главных линиях отправляется автобус. Примерно 40% пассажиров заказывают поездки предварительно. Заказ может быть принят по телефону не менее чем за 20 мин до поездки.

7. В городе Ани-Арбор (США) перевозки обеспечиваются тремя автобусами с 10 местами для сидения. В городе живет примерно 10 тыс. жителей, расселенных приблизительно на площади 3,5 км<sup>2</sup>. Перевозки строго фиксированные, в рабочие дни от 6.30 до 18.00, в пятницу — до 21.00. Обрабатывают заявки вручную.

8. В районе Батавии (США) в октябре 1971 г. на площади 12,3 км<sup>2</sup> (17,3 тыс. жителей) классическая система автобусных перевозок двумя автобусами была заменена тремя автобусами с 21 местом для сидения. Эти автобусы стали эксплуатировать по заявкам. Рано утром и вечером система «от многих к многим» заменена на систему «от многих к немногим». Время ожидания по телефонной заявке не более 30 мин. А при системе «от многих к многим» при управлении вручную время ожидания или посадки пассажира не более 10—20 мин.

9. В округе Колумбия (США) между Балтимором и Вашингтоном расположен город с 10 тыс. жителей. В январе 1971 г. в этом городе была введена система перевозок автобусами по заявкам. В утренние и вечерние часы «пик» автобусы вызывают по телефону

для целевой поездки между местом жительства и местом работы. Обслуживание выполняется миниавтобусами, управляемыми вручную.

Наиболее широко известной в Европе системой автобусов по заявкам является система *Rufbus*. Перевозки пассажиров выполняются микроавтобусами, причем движением управляют из центрального диспетчерского пункта с помощью ЭВМ.

Заявка на перевозку пассажиров подается следующими способами:

вызывным местным автоматом — на улицах близ остановок;

по телефону из дома или с общественного телефона-автомата в городе;

в случае регулярных заявок их можно заказать с помощью письменного заявления или по телефону.

Система *Rufbus* управляется автоматически и имеет такие элементы:

*пульт управления* для выполнения следующих задач: прием заявок на поездку; прикрепление заявки к наилучшему образом расположенному транспортному средству с выработкой соответствующих распоряжений; оповещение водителя подобранного автобуса о новой перевозочной задаче; регистрация заявки; регистрация рабочих данных. При автоматическом управлении перевозками сотрудники выполняют контрольные функции и принимают на себя оперативные функции при возникновении неисправностей или в непредвиденных ситуациях. Диалог между работниками в транспортных средствах и работниками, занятыми на ЭВМ, осуществляется через дисплеи или по радиосвязи;

*терминал в транспортном средстве* для приема информации от центра управления. При помощи тер-

минала можно сообщить в центр отдельные задачи. Диалог между водителем и центром управления протекает по следующей схеме. По прибытии транспортного средства на определенную станцию водитель с помощью автомата внутри автомашины выдает сообщение о прибытии. Центр управления фиксирует новое местоположение транспортного средства. Водитель на дисплее получает указания о дальнейших поездках. После посадки пассажиров водитель с помощью терминала вводит сигнал отправления и от пункта управления получает соответствующие указания о дальнейшем движении, появляющиеся на дисплее. Достоинством цифровой связи между транспортным средством и центром управления является меньшее число каналов для передачи информации, что экономичнее и требует меньше обслуживающего персонала. Транспортное средство имеет антенну для приема и передачи данных, приема и передачи команд для обмена информацией, микрофон и репродуктор, управляющие электронные устройства и терминал;

*уличные вызывные автоматы* для передачи заявки. С помощью кнопки пассажир задает конечную станцию, выбранную по таблице, размещенной на автомате. Затем загорается стрелка, указывающая, что необходимо сообщить число пассажиров. При ошибочном выборе есть возможность внести необходимые исправления. Связь между пассажиром и центром управления устанавливается с помощью числового кода. При правильном задании пункта назначения и числа пассажиров необходимо опустить в автомат монету определенного номинала, которая учитывается при входе пассажира в автобус. Пассажир может предварительно приобрести билет. На автобусы по заявкам в вызывном автомате можно ис-



пользовать временный билет — кредитную карточку. При выполнении этих операций запрос на перевозку обрабатывается в центре управления. После обработки заявки в ЭВМ в вызывной автомат поступает ответ в форме билета. На билете содержатся номер задействованного автомата, сторона улицы, где предусматривается посадка в автобус, и время прибытия автобуса.

Персонал диспетчерского пункта выполняет следующие операции: принимает телефонные заявки на поездки, контролирует выполнение функций системы и устраняет возникающие неисправности, управляет движением и контролирует работу автобусов, принимает решения в непредвиденных случаях, обслуживает заявки с помощью радиосвязи.

Диспетчерский центр имеет следующие функциональные структурные подразделения: центральная вычислительная система, центральная управляющая система передачи данных на уличные автоматы, которые присоединены к линиям почтовой связи.

Автобусы по заявке характеризуются меньшими эксплуатационными затратами, поскольку заявки передают по телефону.

На рис. 3.53 показана структура и взаимосвязи требований в системе Rufbus. Микроавтобусы этой системы имеют около 20 мест для сидения.

Более высокую провозную способность можно обеспечить использованием автобусов большей вместимости, лучшим использованием и большей частотой движения. Здесь противодействуют два требования: привлекательность и экономичность. Оба эти требования можно выполнить сочетанием линейных автобусов и автобусов по заявкам. Решение может быть следующее:

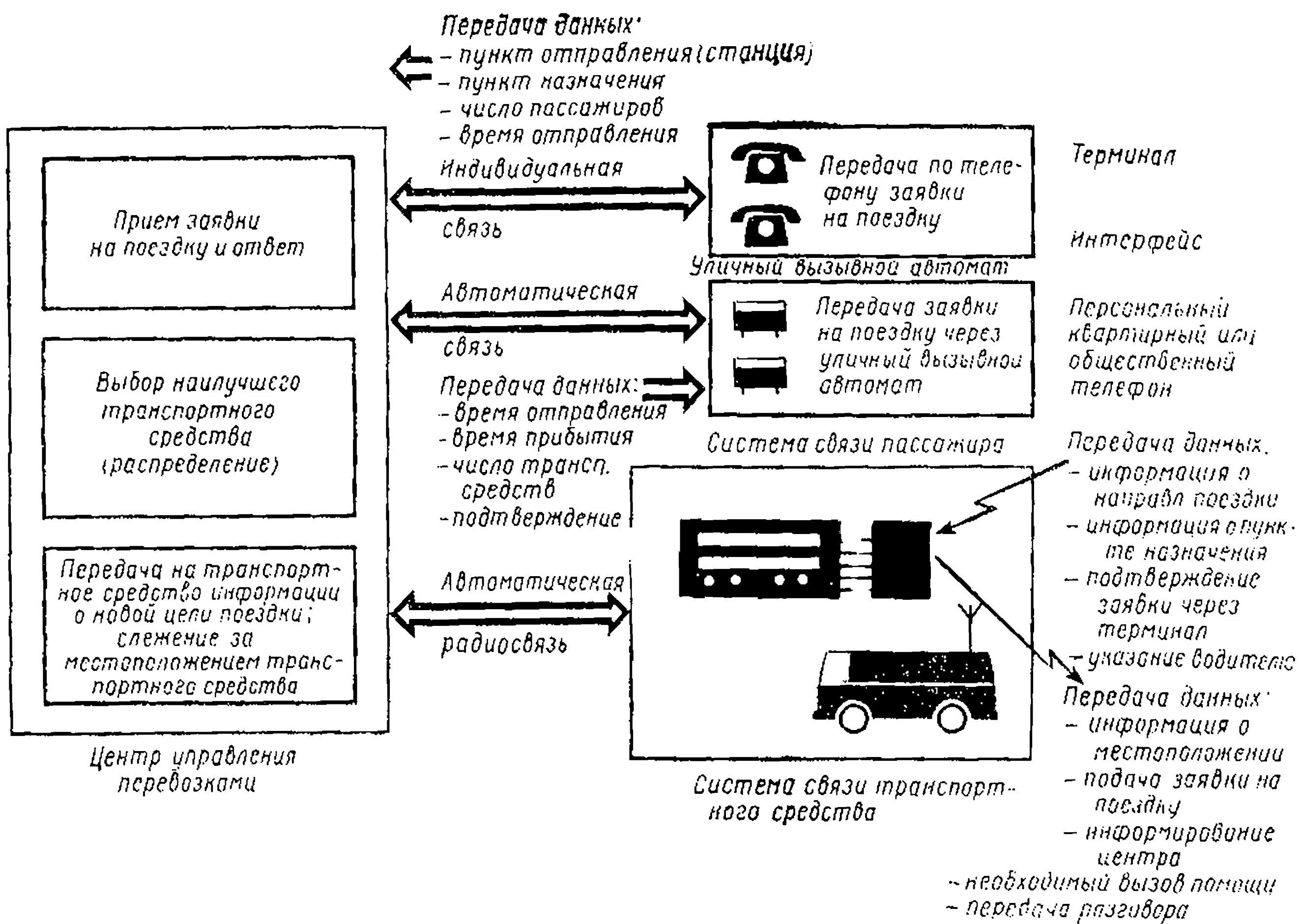


Рис. 3.53. Схема системы Rufbus (структура системы вызова)

линейные автобусы и автобусы по заявкам работают отдельно во времени в зависимости от потребностей в перевозках в часы «пик» и спада в перевозках;

дифференциация по территории: в центре автобус работает как линейный, а на окраинах — по заявкам;

линейный автобус и автобус по заявкам работают одинаково, т. е. автобус по заявкам не имеет определенных остановок, а останавливается только по требованию.

Из этого следует, что привлекательность автобусов по заявкам должна оцениваться с учетом эксплуатационных издержек. Система автобусов по заявкам на основе современного опыта целесообразна в городах с населением до 100 тыс. жителей.

Система *Rufbus* эксплуатируется в городе Фридрихсхафен с 1977 г. Она разработана фирмой *Dognier GmbH*, находящейся в этом городе.

Автобусы системы *Rufbus* обслуживают пассажиров только на определенных остановках. Система целесообразна при очень высоком уровне автоматизации. Автобусная система в Фридрихсхафене обеспечивает 8100 связей (сочетаний) на территории 270 км<sup>2</sup>. В городе проживает около 105 тыс. чел.

Примером другой транспортной системы, использующей автобусы по заявкам, является применяемая в ФРГ система *Retax*. Она представляет собой предварительное решение фирмы *Rechneregestützten Taxibussystem*. Речь идет о системе автобусных перевозок по заявкам.

Решение этой задачи было поддержано федеральным министерством исследований и технологии ФРГ. Задача была проработана фирмой *Messerschmitt-Bö-*

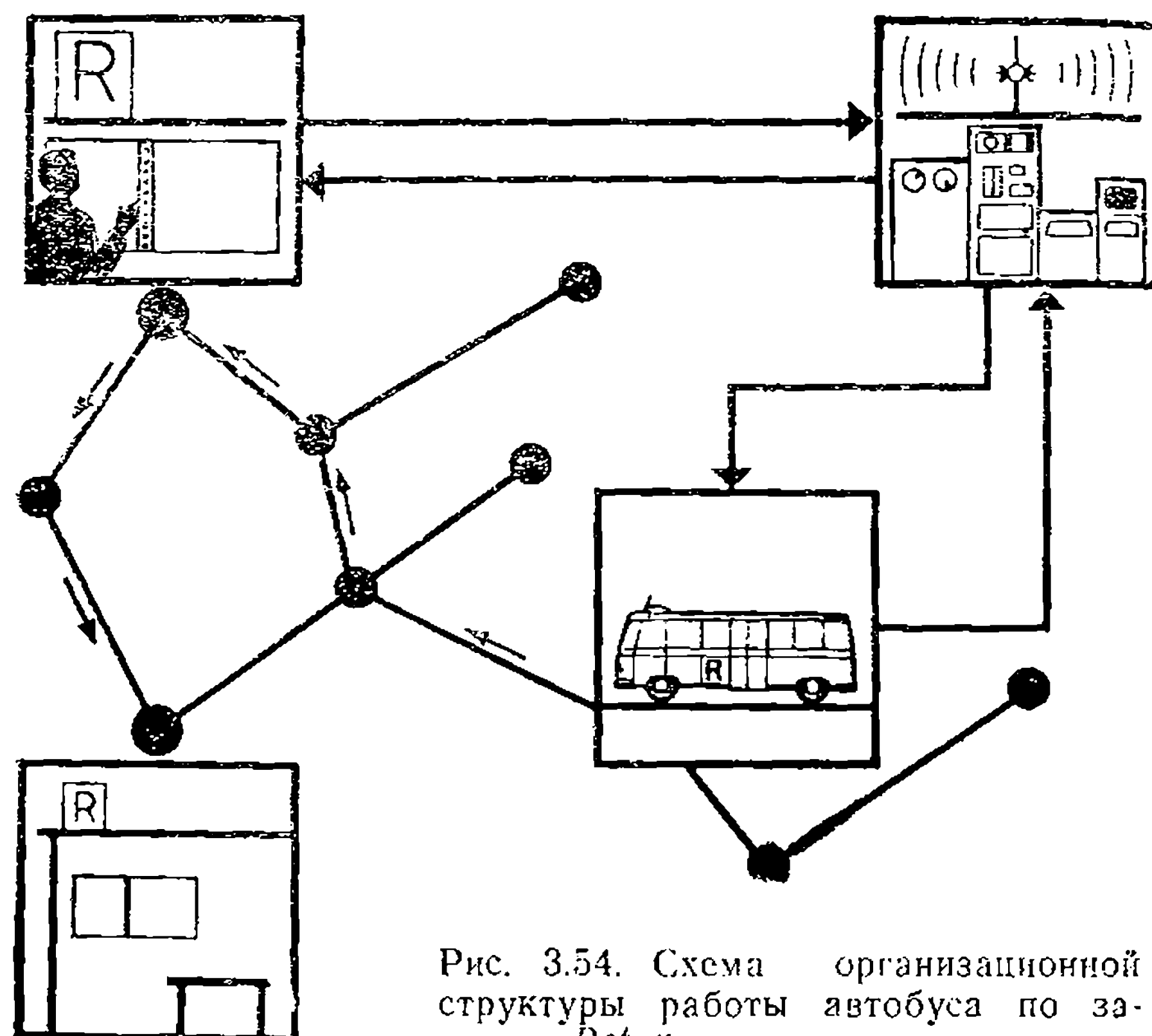


Рис. 3.54. Схема организационной структуры работы автобуса по заявкам *Retax*

low-Vlohm GmbH (Мюнхен). В 1977 г. в Вюнсдорфе была успешно испытана опытная система. Речь идет о районе города, лежащем на 20 км западнее Ганновера.

Выбор станции назначения выполняется с помощью кнопок на уличном автомате (рис. 3.54). Для обеспечения поездки необходимо внести определенную плату, которая служит для разблокирования автомата. Пассажир может предварительно приобрести билет в виде магнитной карточки, на которой отмечены код станции назначения, номер автобуса, время

отправления и сторона улицы, с которой автобус будет отправляться. На некоторых станциях пассажир может сделать заявку на поездку по телефону.

Использование системы *Retax* и остановок позволяет создать на соответствующей территории множество транспортных связей, обеспечив густую транспортную сеть. Система работает с 6.00 до 23.00. График движения можно согласовать с потребностями пассажиров в часы «пик» и спада перевозок.

В рассматриваемой системе использованы автобусы системы *Volkswagen LT35D*. Вход в автобус удобный. Двери двойные, раздвижные. Возможен проезд пассажиров с детскими колясками. Имеется 8 мест для сидения и 12 мест для стояния.

Связь с центром управления осуществляется по радио и с помощью дисплея. Дисплей информирует водителя о дальнейшей работе. Водитель с помощью кнопки может задать дальнейший маршрут. О следующей остановке пассажиров информирует большой экран в салоне автобуса. В пункте управления установлены ЭВМ, оборудование для управления движением, инженерное оборудование; имеется помещение для персонала, приемная и лаборатория.

Системы *Rufbus* и *Retax* разработаны под покровительством Министерства исследований и технологии ФРГ.

#### **3.4. АВТОБУСЫ НА КОМБИНИРОВАННОМ ХОДУ**

Такие автобусы и индивидуальные автомобили начали испытывать в середине 60-х годов. Первые сведения о транспортных средствах, приспособленных для



движения по двум типам дорог, поступили из США. Эти транспортные средства получили наименование *Dual-Mode-Bus*, *Dual-Mode-System* или *Dual-Mode-Fahrzeuge*. В настоящее время на специальных дорогах испытывают только автобусы.

Аргументы в пользу испытаний таких транспортных систем в ГОТ можно обнаружить в чехословацких инструкциях об автомобильных и железнодорожных транспортных средствах общественного транспорта. Извещение *FMD* № 41/1984Zb и ГОСТ 281300 ЧСФР определяют максимальную длину и ширину транспортного средства. Для автомобиля (сочлененный автобус) разрешена максимальная длина 18 м и ширина 2,5 м. Общая длина отдельного транспортного средства на рельсовом ходу 18 м, а максимальная допустимая ширина 2,65 м. Общая допустимая длина сочлененного трамвая 40 м. Этим определяется общая длина сцепа единиц электроподвижного состава при гибком сочленении.

При сравнении максимальной горизонтальной проекции площади трамвая и автобуса на основе указанных документов обнаружится, что трамвай имеет площадь 106 м<sup>2</sup>, а автобус всего лишь 45 м<sup>2</sup>. Это означает, что сочлененный трамвай или трамвайный поезд имеет максимальную возможную горизонтальную площадь в 2,36 раза больше, чем автобус. Трамвай не имеет ограничения по скорости движения. Извещение *FMD* 41/1984Zb это не учитывает. При движении трамвайных поездов достигается более высокая провозная способность.

Транспортное средство на дорожном полотне требует меньшей ширины проезжей части и обеспечивает больше удобств при входе на платформу. Транспортное средство при движении по твердой до-

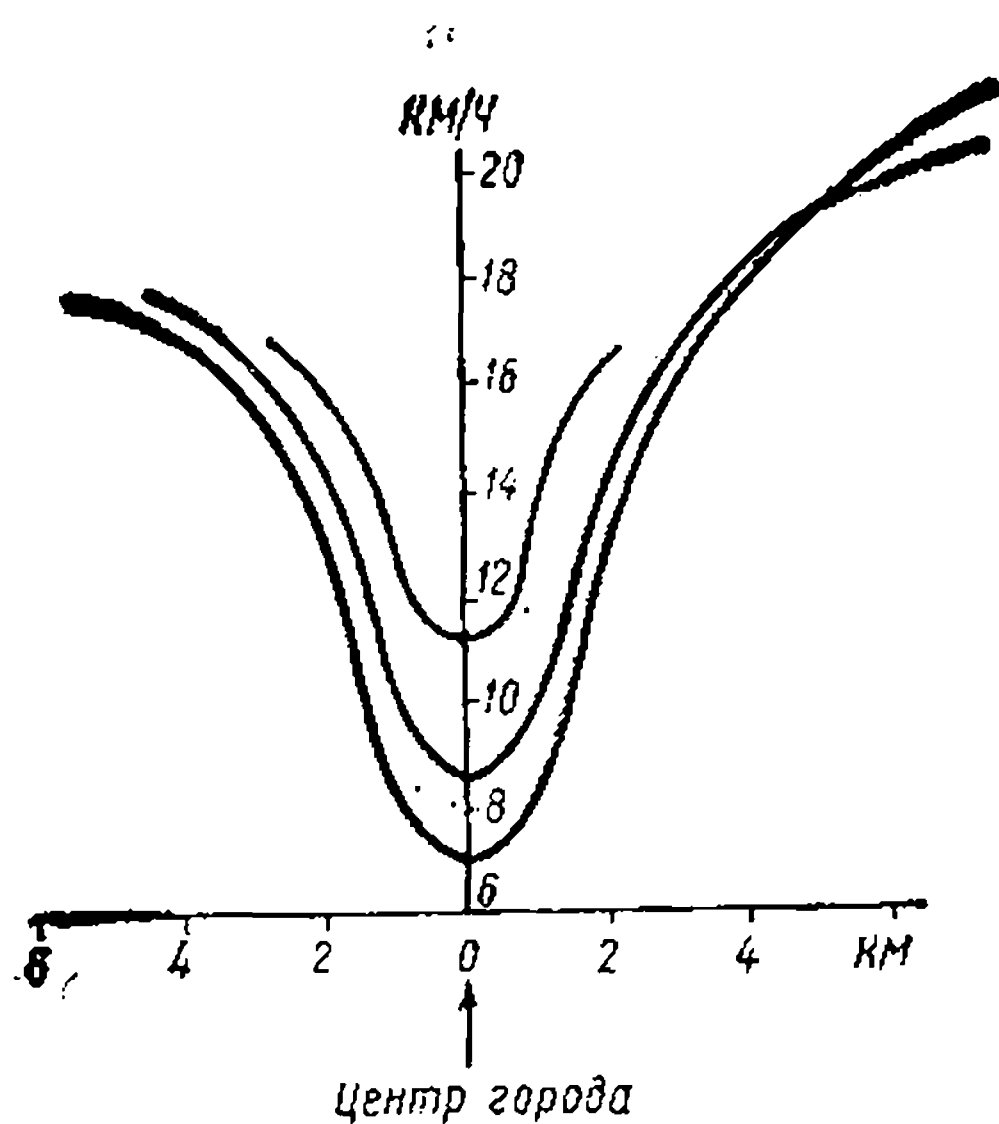


Рис. 3.55. Пример изменения скорости транспортных средств городского общественного транспорта в центре города

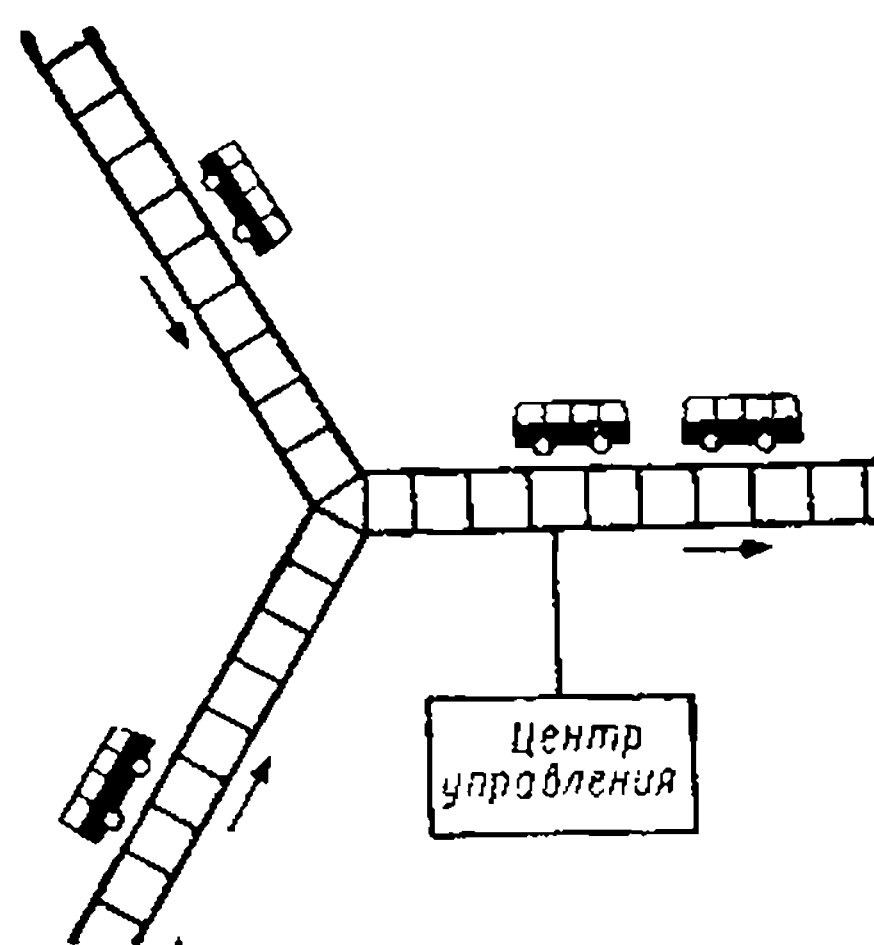


Рис. 3.56. Принцип управления транспортной системой автобусов на комбинированном ходу

рожной конструкции выгоднее в отношении необходимой мощности, провозной способности, а также энергозатрат.

*Dual-Mode-System* представляет собой гибридную систему. Транспортное средство движется по нормальной уличной сети по специальной проезжей части с направляющим устройством на подвижном составе или на пути.

Данную систему можно проиллюстрировать следующим примером: автобус отправляется с конечной станции по обычной улице. На окраинах города густота движения небольшая, отдельные автобусные линии имеют оптимальную скорость движения. В центре города скорость начинает постепенно падать (рис. 3.55). На одну улицу приходится несколько



транспортных линий, больше, чем теоретически целесообразно при движении автобусов (рис. 3.56). В обычных условиях это приведет к замедлению автобусного движения. Если же автобусы будут двигаться по специальным путям, предназначенным только для автобусного движения, они и далее будут двигаться регулярно. Специальное полотно может быть размещено на улице, в тоннеле или на эстакаде (рис. 3.57). Специалисты утверждают, что сооружение тоннелей для таких случаев экономически менее выгодно, чем для метрополитена.

На специальной проезжей части достигается более высокая скорость движения и обеспечивается повышенная провозная способность. Повышенные значения могут быть достигнуты только при условии координации планов разработки транспортных средств, путей и перевозок, что обеспечивает более интенсивное использование проезжей части.

В случае сооружения специальных дорог и для индивидуальных автомобилей не удастся решить

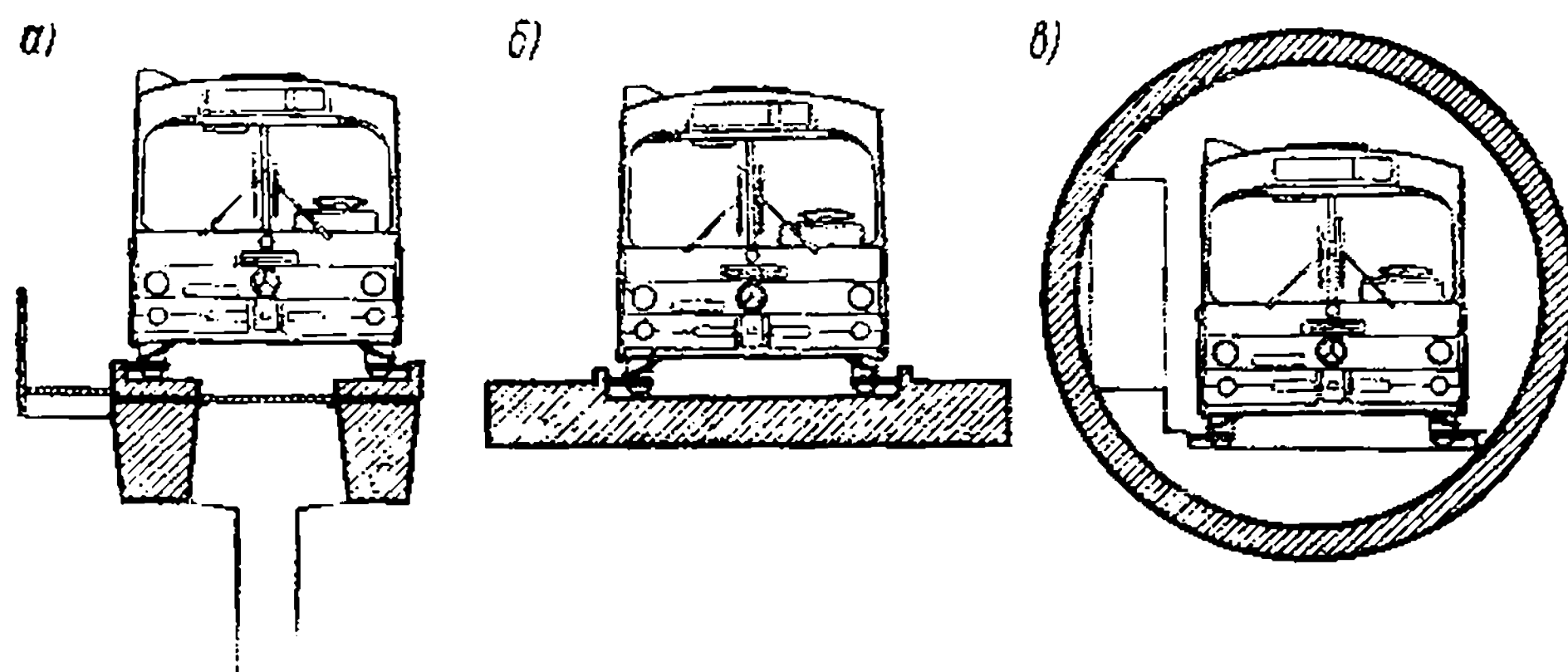


Рис. 3.57. Автобус, движущийся по специальной проезжей части на эстакаде (а), на улице (б) и в тоннеле (в)

проблему стоянок автомобилей в центре города. Ее удалось бы разрешить только тогда, если бы автомобили находились в общественном пользовании. В центре города специальные дороги служили бы только для такси, а индивидуальные легковые автомобили не имели бы доступа в центр города. Такая система менее целесообразна, чем кабиные системы. При системе автомобилей на комбинированном ходу необходимо решить целый ряд не только технических, но и социологических проблем.

Система на комбинированном ходу постепенно позволит соединить кузова автобусов и трамвая, с ее помощью можно повысить привлекательность и экономичность ГОТ. Данная система позволяет достигнуть более высокого уровня автоматизации, особенно при создании автопоездов.

Цель транспортной системы **«Автобус на комбинированном ходу»** — это объединение достоинств автобусного движения, при котором автобус имеет возможность неограниченного проезда по уличной сети города, с преимуществами рельсового транспорта, обеспечивающими возможность повышения провозной способности и скорости движения.

Основной принцип состоит в том, что автобус свободно перемещается по улицам на специально подготовленной проезжей части с помощью оборудования на нем. Такие автобусы легче управляются автоматически и их можно соединять в автопоезда.

Рассматриваемая транспортная система особенно выгодна на переполненных улицах и по сравнению с классическими автобусами обладает следующими преимуществами:

более высокая скорость движения, особенно в центре города, обеспечивающая повышенную провоз-

ную способность, к тому же такое транспортное средство имеет на улицах меньше пересечений в одном уровне с другими путями сообщения. При выезде на специальную проезжую часть автобус управляется автоматически;

с помощью управляющего устройства можно обеспечить между автобусами одинаковый и минимальный интервал, в результате чего обеспечивается непрерывность перевозок и более высокая скорость движения;

более равномерная скорость автобусов уменьшает загрязнение окружающей среды города вредными веществами, снижает шум на улицах.

Недостаток такой системы — это более высокие капитальные вложения в сооружение путей, в оборудование на автобусах и на автоматическое управление движением.

Системы автобусов на комбинированном ходу делятся на следующие группы [18, 50]:

1) отслеживание траектории движения для управления силой тяги на ободу колеса выполняется по отклонениям;

2) отслеживание траектории движения выполняется по движению жесткой части автобуса по дороге.

К первой группе относятся следующие системы (рис. 3.58):

1.1) механическое направление управляющих блоков, опирающихся на направляющую лыжу;

1.2) механическое направление управляющих колес центральным контактным датчиком, движущимся в пазу;

1.3) электронное управление с помощью сервомотора, который направляет (наводит) управляющие ко-

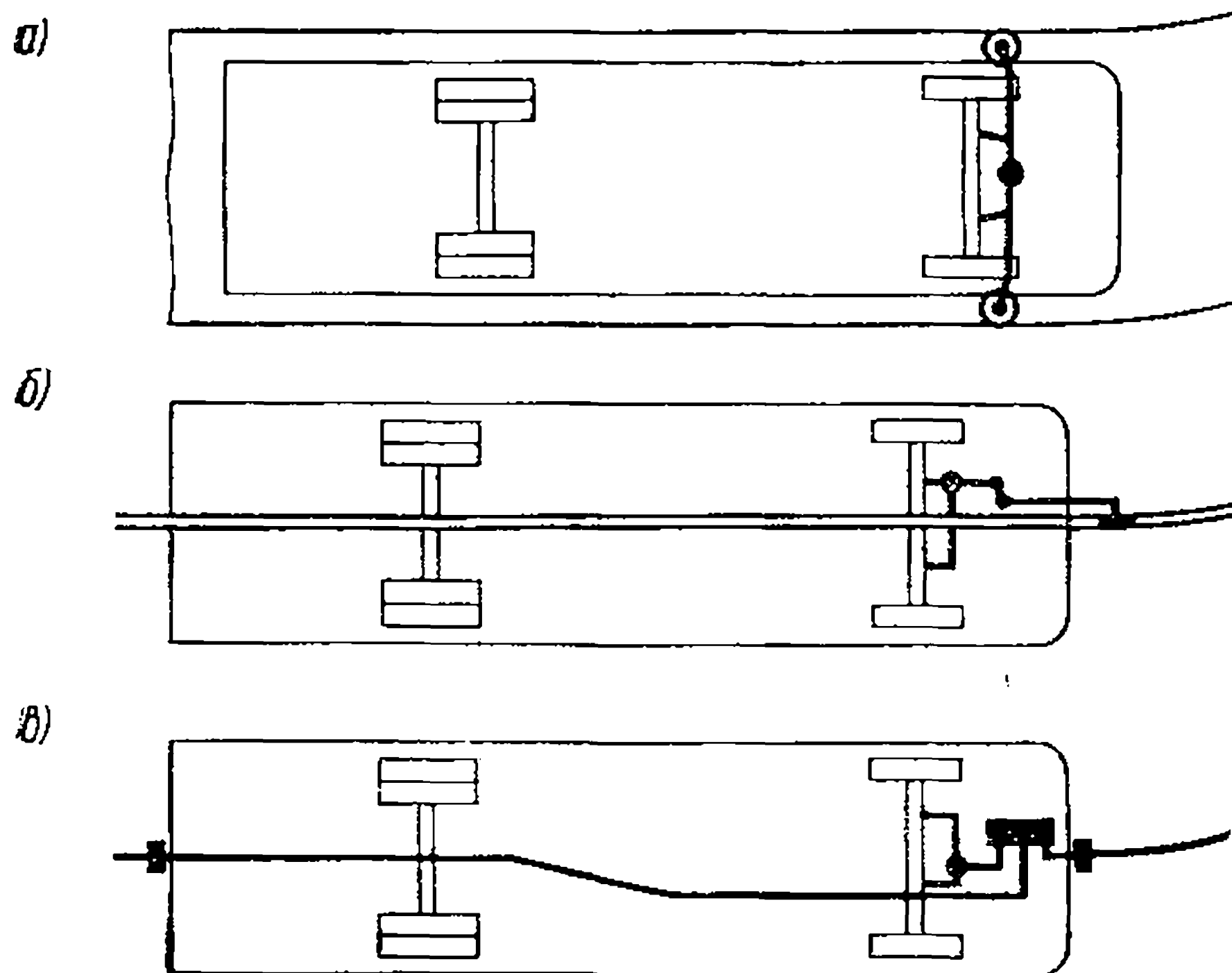


Рис. 3.58. Отслеживание траектории движения для управления силой тяги с помощью роликов (а), механических управляющих датчиков (б) и электронного управления (в)

леса. Датчик отслеживает направляющий кабель, по которому пропущен постоянный ток.

К второй (менее прогрессивной) группе относятся следующие системы:

2.1) параллельно пневматическим имеются металлические колеса с гребнем бандажа, которые направляют движение колеса по рельсу;

2.2) автобус опирается на вагонные тележки на рельсовом ходу;

Вариант	Динамич- ная устой- чивость на трассе	Безопасность на трассе, условная надежность	Безопасность в кривых, условная на- дежность	Безопасность при отключе- нии энергии
1.1	+	0	++	0
1.2	+	+++	++	0
1.3	0	++	0	++
2.1	0	++	0	0
2.2	0	0	0	0
2.3	+	++	+	0
2.4	+	+++	++	0
2.5	+	0	++	0
2.6	+	0	++	0

Примечание. 0 — нет проблем; + — необходимы исследования  
+++ — необходимы изменения.

2.3) только передняя часть автобуса опирается на вагонную тележку;

2.4) автобус снабжен направляющими металлическими колесами с гребнями бандажей;

2.5) автобус имеет направляющие ролики, которые движутся по боковым направляющим дорожкам;

2.6) автобус снабжен направляющими роликами, которые катятся по центральной направляющей.

Система, в которой автобус опирается на вагонные тележки на рельсовом ходу, наиболее безопасная (тележка специально предназначена для опирания и управления). Недостатками этой системы являются: увеличение массы комплекта, неиспользуе-

Таблица 3.2

Требования безопасности выполнены без существенных изменений конструкции автобуса	Требования безопасности выполнены без изменений на трассе	Необходимость во временных системах управления	Повышенные требования к удалению снега и льда
Да Да Да	+ Да Да	Нет Да Да	+ Да +
++++ Да Да Да + +	Да Да Да Да ++++ Да	Нет Нет + + Нет Нет	Нет Нет + Да + +

ния; ++ — проблемы есть; +++ — существенные проблемы;

мые тележки необходимо хранить, автобусы на тележки нужно каким-либо способом погрузить, табарит подвижного состава увеличивается на высоту тележки. Положительной стороной такого опирания и управления автобуса является то, что сопротивление движению меньше, а для питания автобусов можно использовать существующие электрические сети.

В отношении безопасности отдельные описанные системы автобусов на комбинированном ходу охарактеризованы дополнительно в табл. 3.2.

**Индивидуальные автомобили на комбинированном ходу.** На наземных путях сообщения в качестве индивидуальных автомобилей можно пользоваться

персональными автомобилями, а также общественными или служебными. Использование автомобилей на таких дорогах обеспечивает высшую унификацию. Как уже упоминалось, главной проблемой является паркование индивидуальных автомобилей в центре города. Эту проблему можно решать за счет того, что в центре города будут использоваться только такси и служебные автомобили.

**Автобусные системы на комбинированном ходу.** Принцип механического управления с помощью контактных роликов колес, опирающихся на направляющую дорожку, показан на рис. 3.59. Направляющие ролики помещены на передней (рис. 3.60) и на задней оси. Ролики прижаты к просвечивающей части и к направляющей дорожке, которая имеет форму углубления величиной, соответствующей высоте панели тротуара. Ролики выдвигаются водителем автобуса тогда, когда изменяется система опирания автобуса. С помощью роликов руль «копирует» проезжую часть. Более высокая устойчивость автобуса на прямых участках пути достигается тем, что направляющие ролики имеются и на задней оси (рис. 3.61).

Другой способ управления движением автобуса — с помощью направляющих датчиков, расположенных на оси дороги и на раме автобуса. Передача информации о направлении движения на управляющие устройства механическая или электронная (рис. 3.62). Электронное управление осуществляется с помощью датчиков, измеряющих отклонение от оси дороги. Приемные антенны размещены на автобусе в передней и задней его частях и определяют положение автобуса относительно передающего кабеля, который расположен под поверхностью проезжей части дороги.



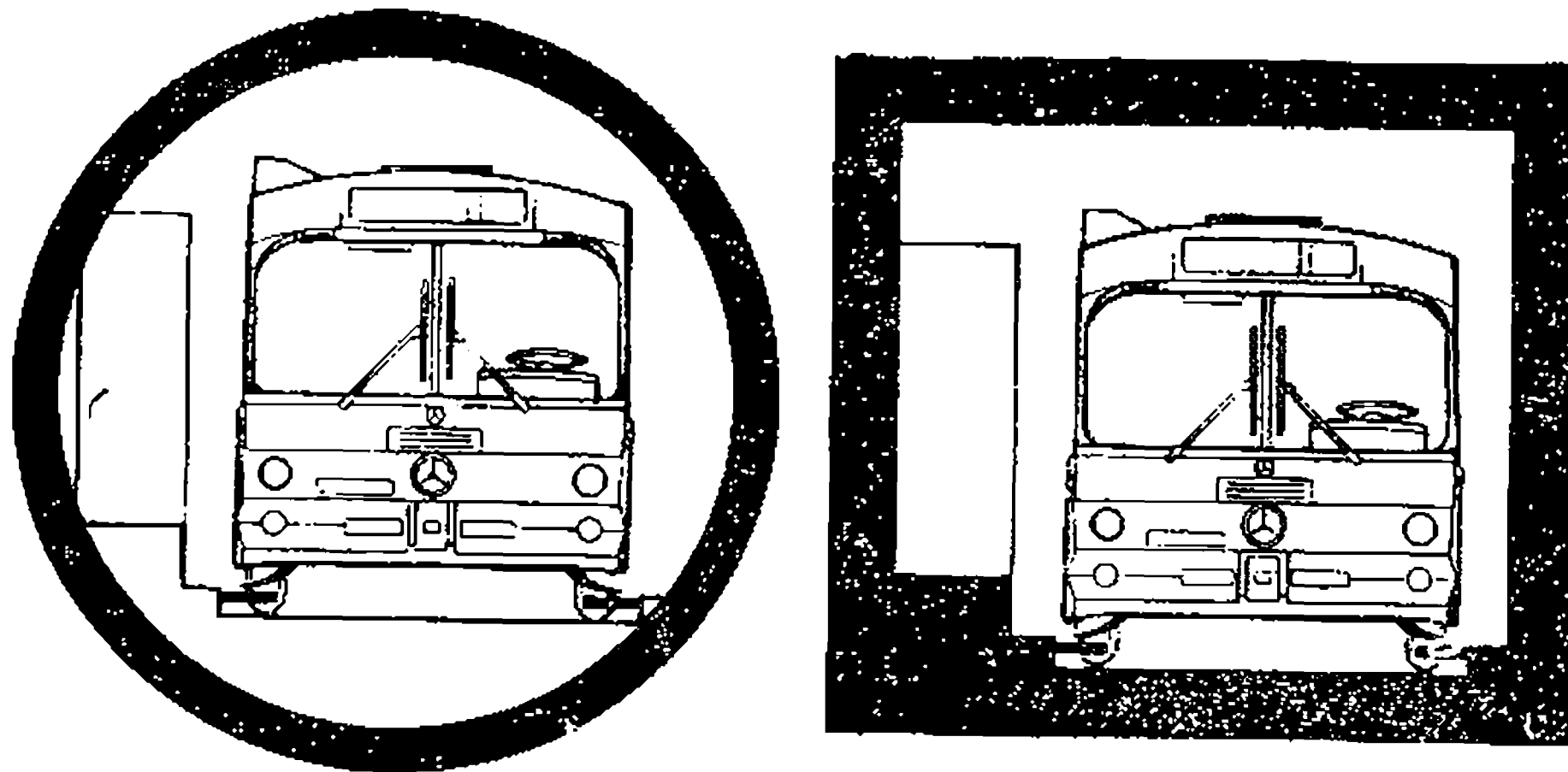


Рис. 3.59. Управление автобусом на проезжей части с помощью роликов

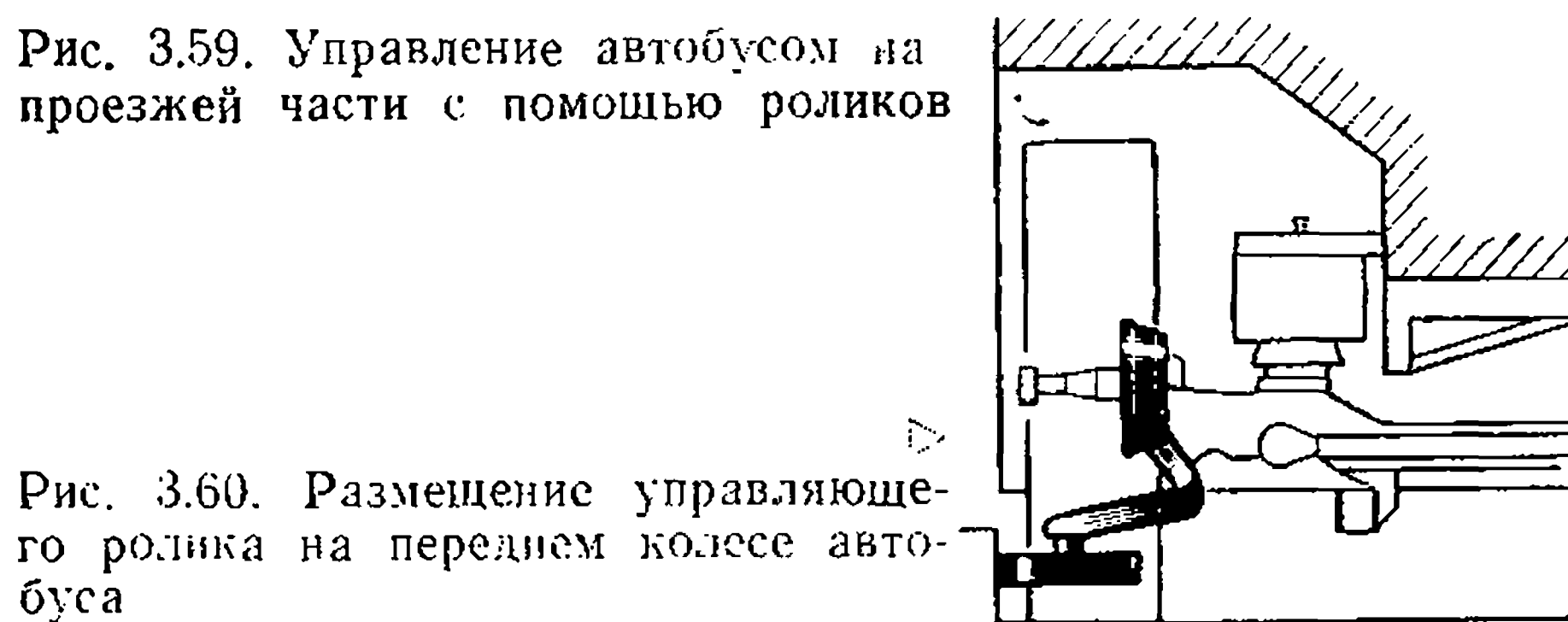


Рис. 3.60. Размещение управляющего ролика на переднем колесе автобуса

Принимаемые с дороги на автобус сигналы считываются с помощью гидравлического или электронного оборудования и управляют передней осью. Управление автобусом обеспечивается с помощью силы, которая действует на переднюю ось посредством силы трения.

С помощью электронного поворотного устройства можно задавать оптимальное расстояние между автобусами. Это устройство позволяет определить интервал между автобусами. Через длину поворотного

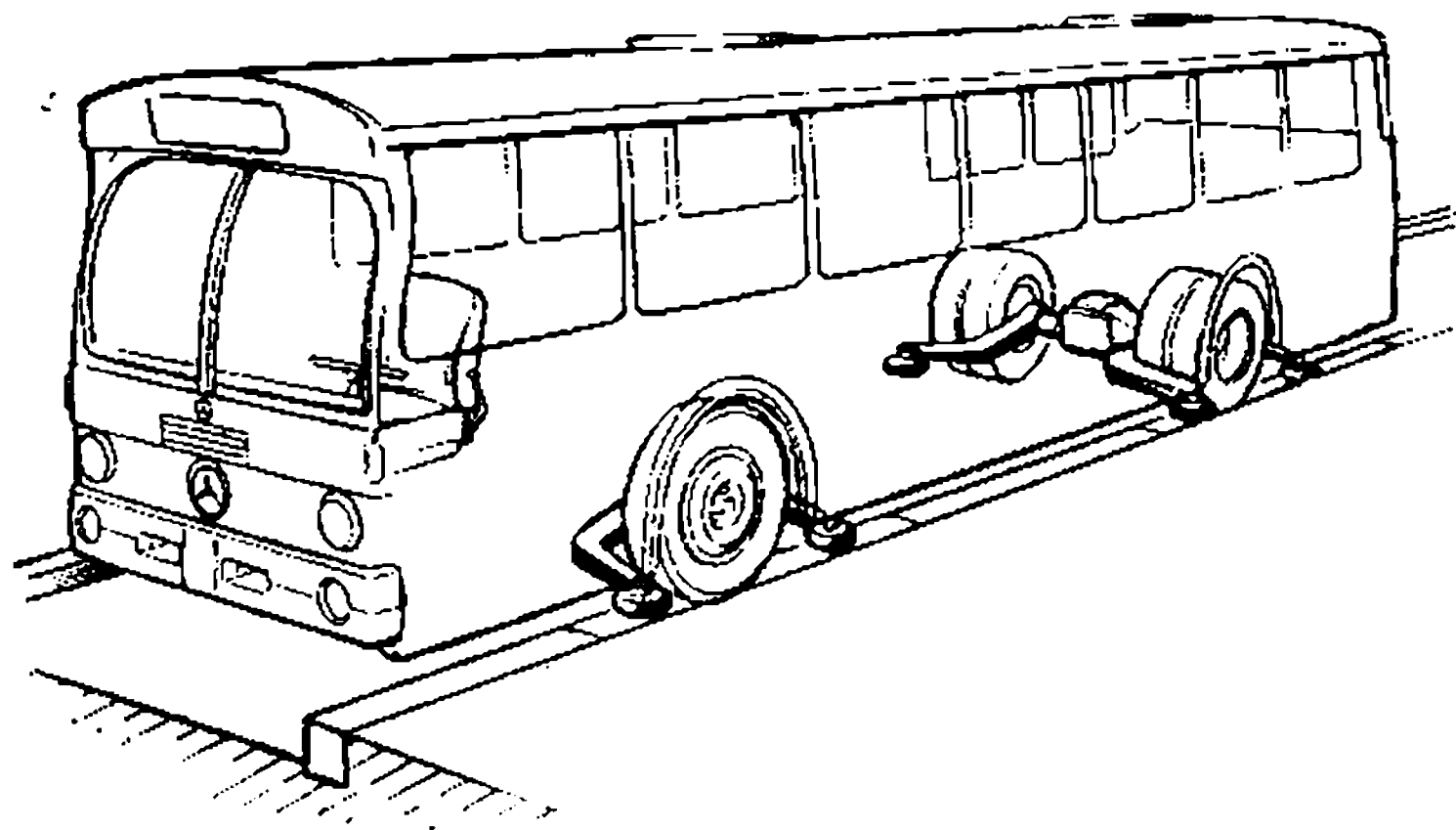


Рис. 3.61. Управление передней и задней осями с помощью направляющих роликов в направляющем канале (дорожке)

устройства и через скорость автобуса можно задать безопасное расстояние от идущих в след автобусов или безопасное тормозное расстояние. С помощью этого устройства обеспечиваются равномерная скорость автобусов и обусловленные этим минимальные затраты энергии.

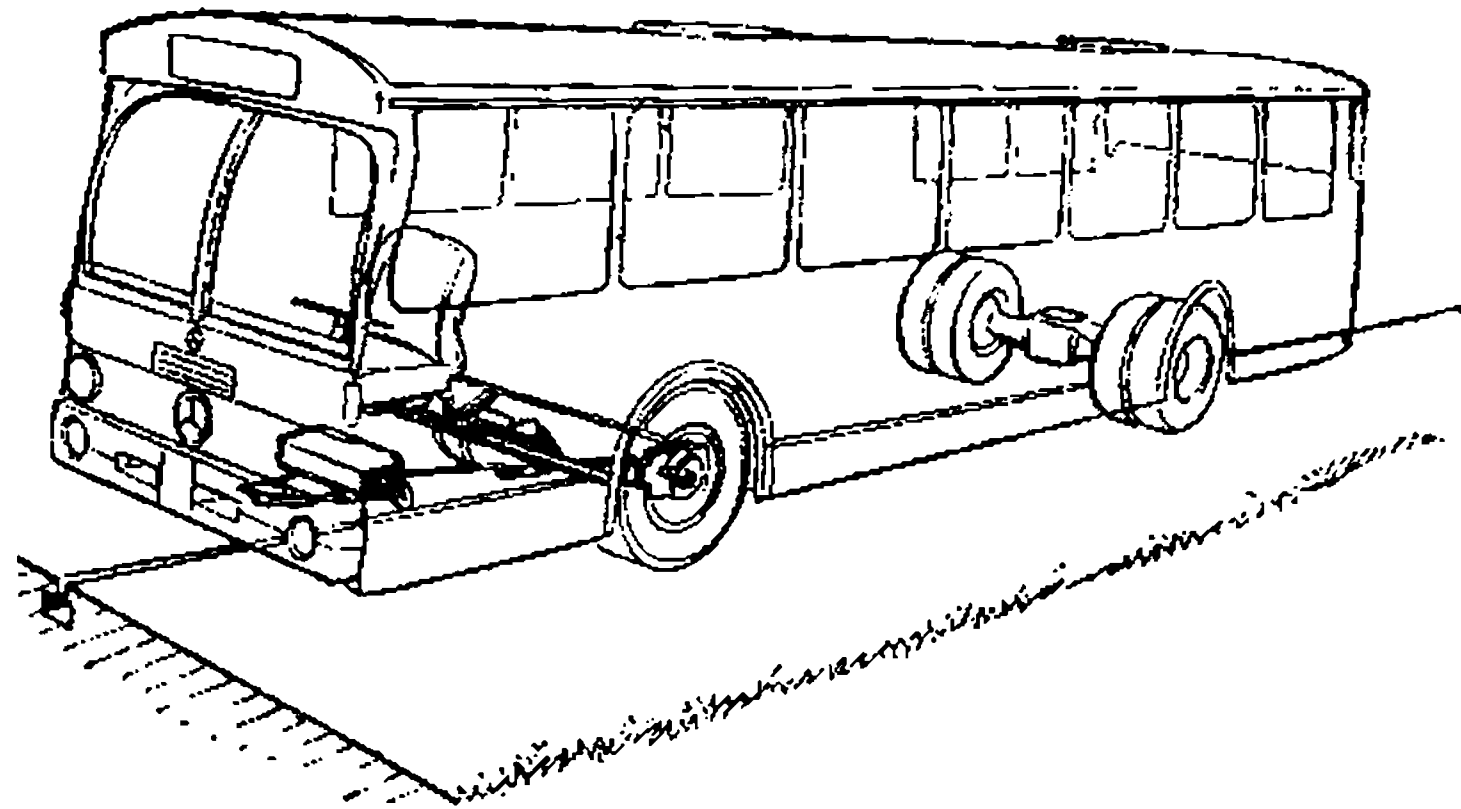


Рис. 3.62. Автоматическое управление автобусом с помощью механической или электронной дорожки

В центре города автобус будет двигаться по последней полосе дороги и предполагается, что данная система будет полностью автоматизирована. Считается, что автобусы будут двигаться по специальной проезжей части на протяжении 20—60% маршрута. Тем самым автоматизация системы обеспечивается только частичная.

В настоящее время наиболее широко распространены автобусы с механическим управлением движением по дороге, с помощью направляющих роликов. Ролики сконструированы так, что гасят боковые силы и тем самым повышают плавность езды. Езда осуществляется более спокойно до скоростей 70 км/ч. Автобусы могут двигаться в кривых радиусом до 25 м.

Еще одним преимуществом автобусов, движущихся по таким дорогам, является более узкая, примерно на 1 м меньше, проезжая часть. На графике (рис. 3.63) показана потребная ширина проезжей части дороги в зависимости от радиуса кривой.

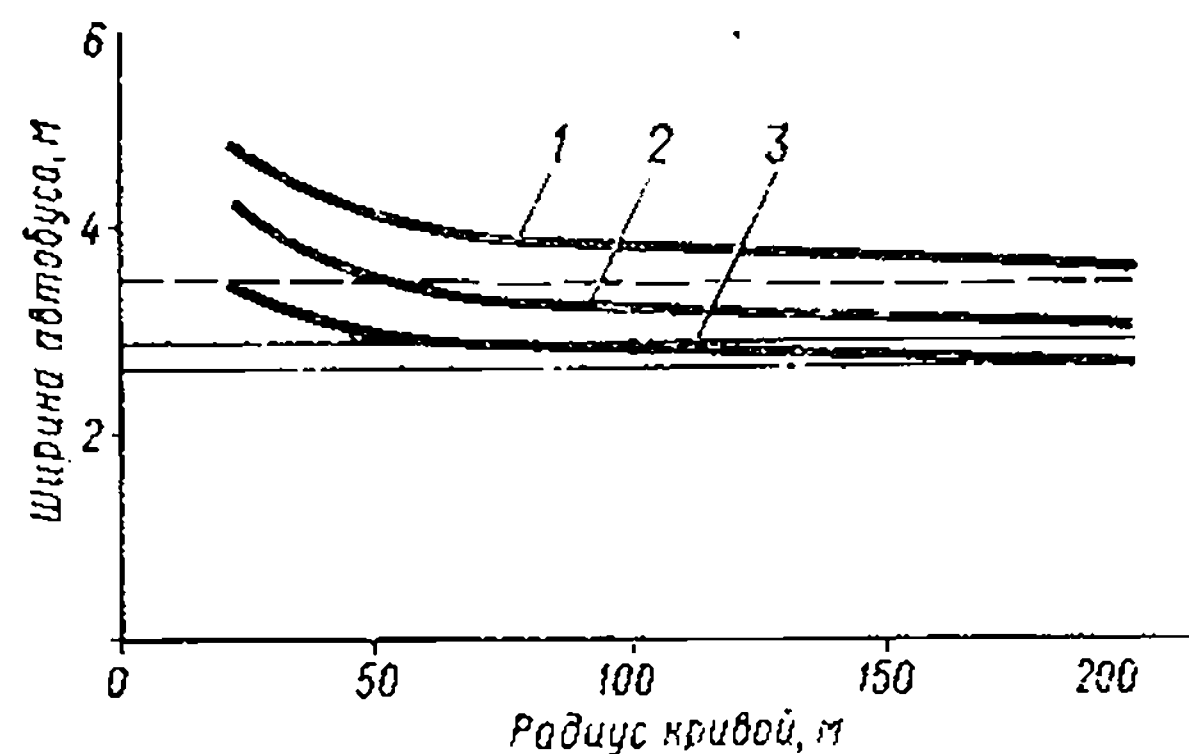
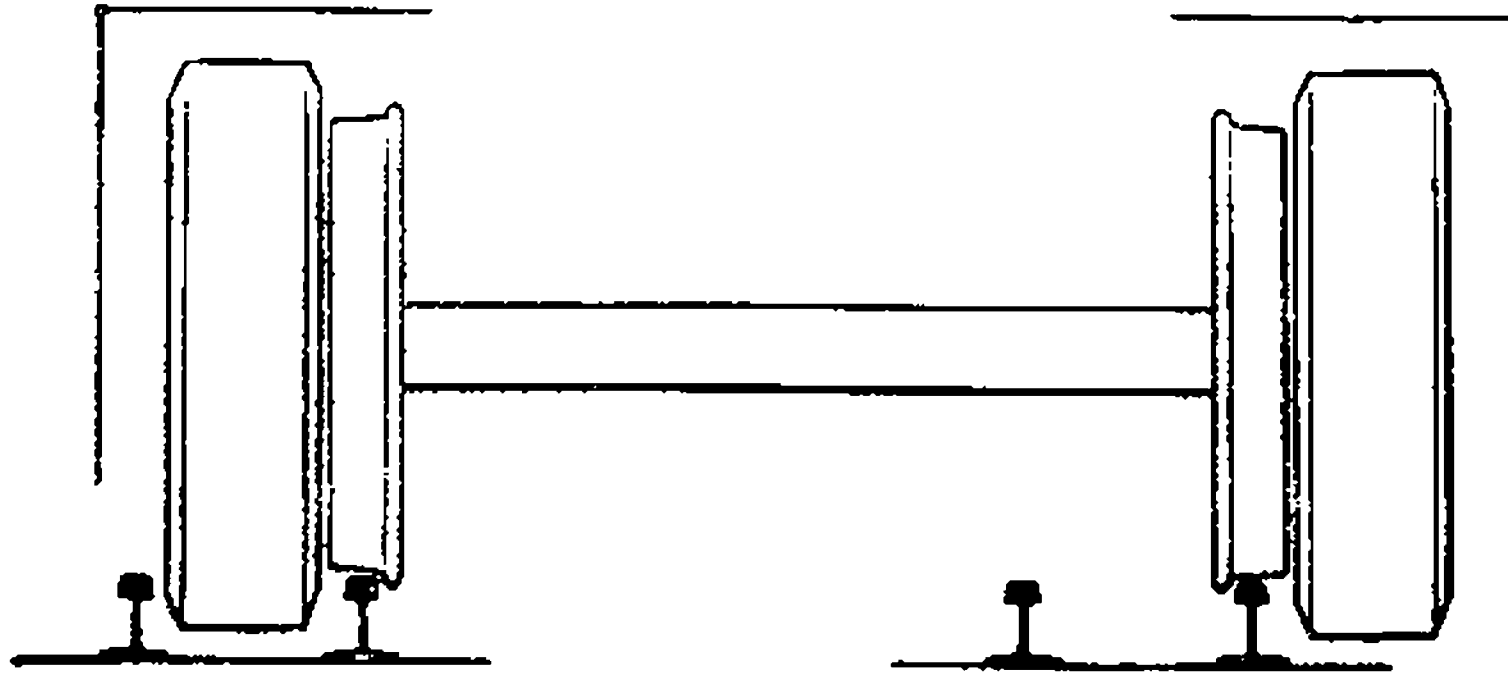
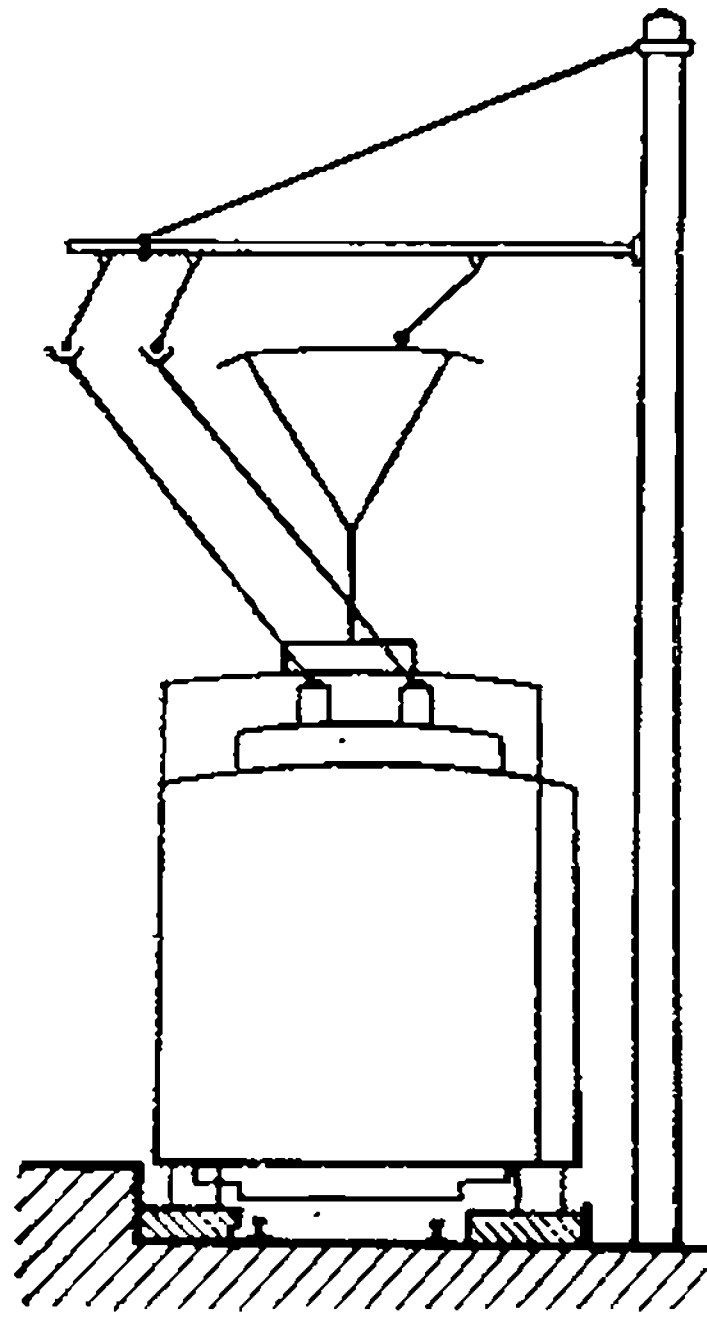


Рис. 3.63. Требуемая ширина профиля в кривой при одиночном способе управления в зависимости от радиуса кривой:

1 — управление вручную; 2 — автоматическое управление в центре автобуса; 3 — механическое управление в направляющем канале



△ Рис. 3.64. Эскизный проект управления автобусом на рельсовом пути



◁ Рис. 3.65. Троллейбус с пантографом

В Институте городского транспорта и автомобильных дорог в Праге разработан проект управления автобусом, движущимся по рельсовой колее (рис. 3.64).

В последнее время испытан троллейбус на комби-

нированном ходу, у которого вместо штанг для токо-  
съема используется пантограф (рис. 3.65).

**Автобусы с двойной системой тяги (Duo-Bus).** Они сочетают преимущества двух типов общественного транспорта и увеличивают достоинства соответствующих систем тяги. Троллейбус как полузависимый от тяги вид транспорта расположен между трамваем и автобусом, причем такой вид транспорта дороже, чем автобусы.

Автобусы типа *Duo-Bus* требуют меньших капитальных вложений, чем троллейбусы. Речь идет главным образом об экономии на сооружении контактной сети для троллейбусов. В настоящее время такие автобусы обеспечивают защиту окружающей среды, особенно в городах. Перевозки пассажиров такими автобусами улучшают состояние окружающей среды. И в то же время вопреки этому факту не только во многих городах за рубежом (рис. 3.66), но и в некоторых городах Чехословакии в конце 50-х годов и в начале 60-х годов троллейбусы были заменены автобусами.

Особенно интенсивно троллейбусные перевозки развиваются в СССР, где эксплуатируется наиболее протяженная в мире сеть троллейбусных линий. Нужно иметь в виду, что в этой стране, где нет недостатка в нефти, не было проблем в связи с переходом на более дешевый в отношении капитальных вложений автобус. В СССР большое внимание уделяется принципиальному подходу к решению проблем защиты окружающей среды.

В 70-х годах возникла и с тех пор непрерывно ухудшается топливно-энергетическая ситуация, особенно в отношении нефти, что создает преимущества для электрического подвижного состава. Чтобы лучше выполнять задачи, стоящие перед городским обще-

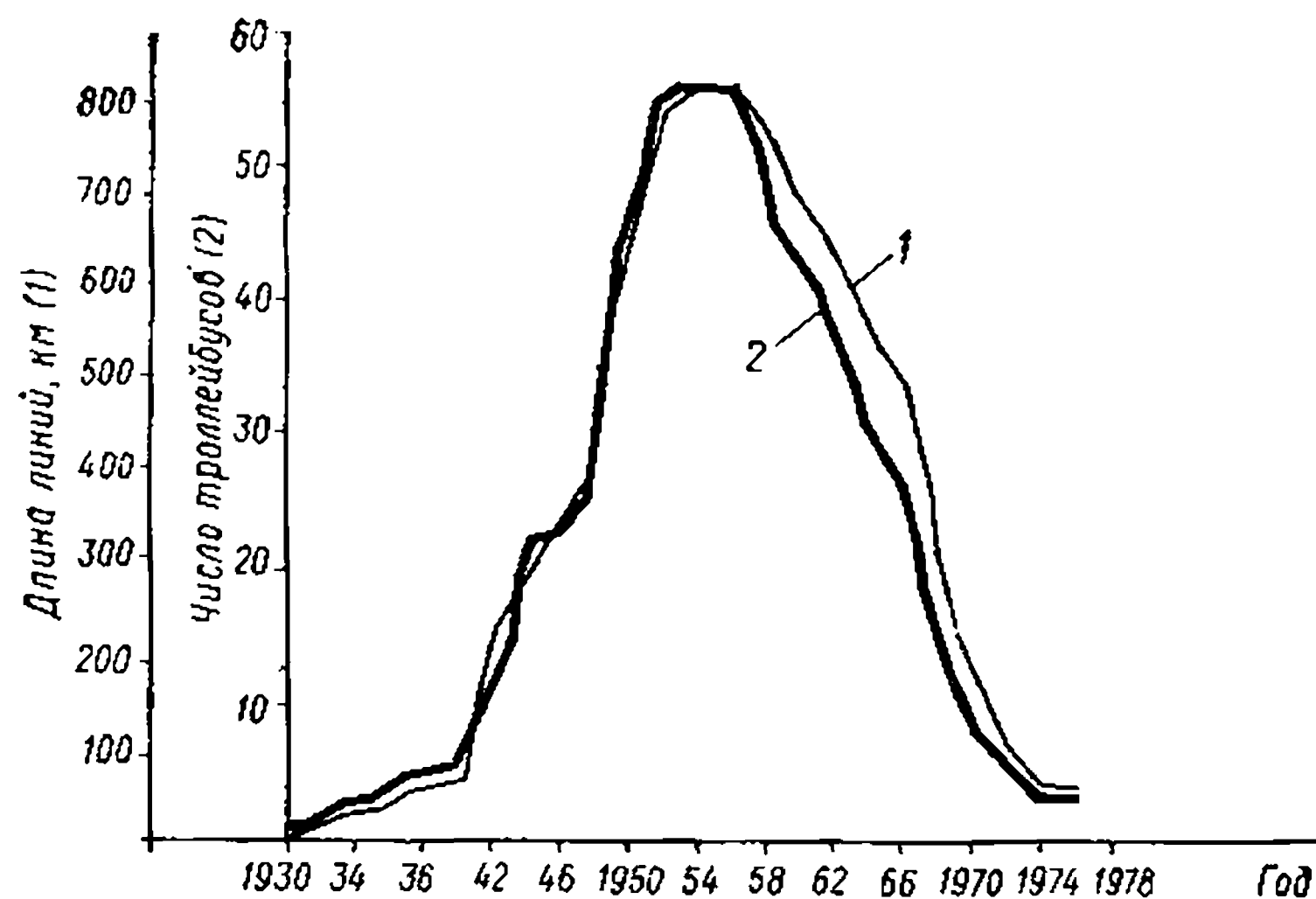


Рис. 3.66. Рост и снижение троллейбусного сообщения в городах ФРГ

ственным транспортом, необходимо модернизировать транспортные средства. Речь идет не о замене конструкции кузовов транспортных средств, а о проблемах более экономичного решения тяговых систем. Эти требования можно лучше выполнить сочетанием двух систем тяги, например, когда троллейбус получит более высокую автономность.

Преимущества электрических тяговых средств:

не требуется все более усложняющееся потребление нефти, а выработка электрической энергии еще длительное время будет обеспечиваться из местных источников;

по сравнению с автобусами наблюдается долговременный тренд к меньшим эксплуатационным издержкам на пассажиро-километр, а также более высокий срок службы;

существенно ниже загрязнение окружающей среды;

наружный и внутренний шум транспортных средств ниже, что уменьшает затраты на противозумные устройства;

тяговые двигатели имеют более благоприятные тяговые характеристики и плавный ход без вибраций.

Недостатки электрических тяговых средств связаны с контактной сетью. Этим недостатком лишены электробусы, но у них больше масса, утяжеляющая их и ухудшающая удельную производительность тяговых двигателей. В то же время электробусы имеют более высокие эксплуатационные затраты, чем троллейбус.

Технические и эксплуатационные проблемы электромобилей и особенно электробусов решаются в последние 10—20 лет. Первые электромобили были разработаны в конце прошлого столетия. Чешский изобретатель инж. Ф. Крижик разработал электромобиль в 1895 г.

В настоящее время основным источником энергоснабжения электромобилей и электробусов являются, как правило, свинцовые или никель-железные аккумуляторы. В качестве тяговых двигателей используются электромоторы постоянного тока. Основным ограничением транспортной системы является энергетический источник питания. Доступные в настоящее время коммерческие аккумуляторы в отношении массы и эксплуатационных показателей очень неэкономичны. В этом смысле экономичнее, когда, например троллейбус связан с другой тяговой системой, образуя гибридное транспортное средство.

Кроме свинцовых, существует ряд других типов



аккумуляторов, но ни один из них не имеет приемлемых технико-экономических параметров. Вероятно, экономичным будет щелочно-кислотный или литиево-хлоридный. Однако все еще не разработана экономичная технология их изготовления.

Масса аккумулятора у малых транспортных средств составляет 30—35% всей массы транспортного средства, а стоимость достигает 50% его цены. Затраты на текущий ремонт и зарядку составляют до 45% эксплуатационных издержек.

Из нескольких экспериментальных типов *электробусов* упомянем электробус, разработанный фирмами MAN (рама, кузов и координация всех исследований), Bosch (тяговый двигатель, электрооборудование и вспомогательные устройства), Varta (аккумуляторы и инвентарь), RWE (зарядное оборудование и техника замены аккумуляторов). В разработках принимали участие и фирмы Siemens и Voith.

Требования к электробусам для городского общественного транспорта можно охарактеризовать следующим образом:

тяговые и скоростные характеристики подвижного состава должны быть не хуже, чем у классических автобусов. Однако нельзя не учитывать и не сопоставлять удельную массу этих двух транспортных средств;

транспортные инструкции не разрешают превышать допустимые осевые силы, что является одним из аргументов в пользу прицепного вагона у электромобиля. Другим аргументом является оперативность замены аккумуляторов у электромобиля;

замена аккумуляторов выполняется на конечных станциях, но это не должно нарушать непрерывность и регулярность движения;

все новые устройства электробуса должны быть размещены в прицепном вагоне, чтобы обеспечить быструю смену и доступность соответствующего оборудования при минимальном обслуживании.

Тяговые средства при торможении работают так, что энергия торможения рекуперируется в аккумуляторах (подзаряжает их). При рекуперативном торможении используется от 15 до 19% энергии торможения. Средние энергозатраты составляют от 70 до 85 Вт·ч/т·км. Аккумуляторы *Varta* имеют напряжение 360 В и емкость 445 А·ч, которую можно использовать на 80%, что составляет 120 кВт·ч. Охлаждение аккумуляторов водяное до температуры 55°C.

Образующееся при охлаждении аккумуляторов тепло отводится замкнутой жидкостной охлаждающей системой. Пункты замены аккумуляторов расположены на конечных станциях. Замена в полуавтоматическом режиме требует 4 мин. Цена электробуса в 70-х годах была вдвое выше цены автобуса аналогичной мощности.

Электробусы при современных технических параметрах аккумуляторов будут, вероятно, только вспомогательной транспортной системой. Развитие таких транспортных систем зависит главным образом от новых типов аккумуляторов.

Дальнейшим развитием транспортных систем являются *гироскопы*, прежде всего *гиробусы*. Их основным принципом является то, что кинетическая энергия аккумулируется во вращающемся маховике, а накапливаемая энергия передается по электрическим цепям тяговому двигателю. Наряду с электроаккумуляторным это один из наименее распространенных способов аккумулирования энергии в транспортных средствах. С таким источником энергии

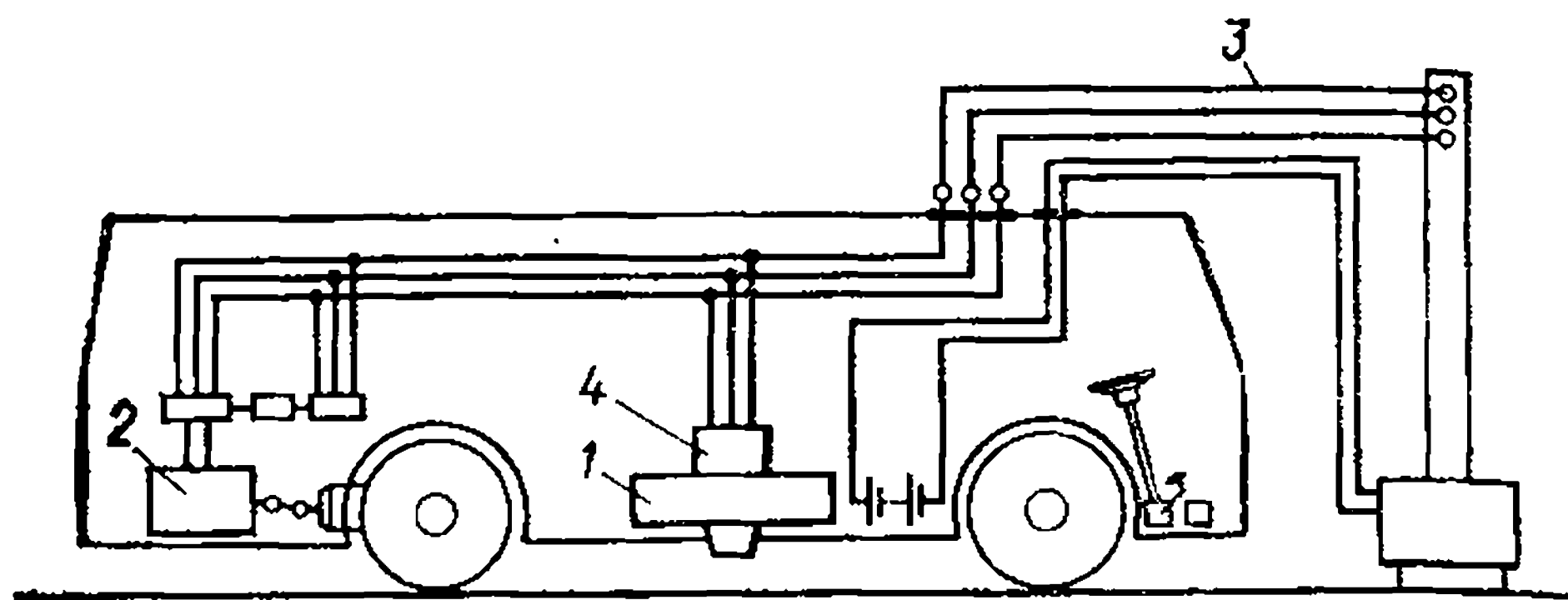


Рис. 3.67. Схема гиробуса:

1 — маховик; 2 — тяговый двигатель; 3 — зарядное устройство от уличного столба; 4 — мотор-генератор

испытывали автомобили и горочные маневровые локомотивы.

Наиболее известен гиробус фирмы Maschinenfabrik Oerlikon. Первые гиробусы были созданы только с маховиком как главным и существенным источником энергии (рис. 3.67). Передача маховика, число оборотов которого изменяется в зависимости от использованной и переданной энергии, должна иметь такую связь с тяговым двигателем, чтобы изменение числа оборотов не повлекло за собой перерывов в преобразовании энергии. Такое требование лучше всего реализуется при электрическом преобразовании энергии. Электрическое вращающееся оборудование непосредственно связано с маховиком. При раскручивании маховика он работает как электромотор, а при отдаче кинетической энергии маховика тяговому двигателю — как генератор. Маховики фирмы Oerlikon имели массу 1500 кг. Материал — хромированная сталь. Накапливаемая энергия маховика достигала 9 кВт·ч и при отсутствии нагрузки маховик вращал-

ся до 12 ч. Снижение частоты вращения маховика с 2950, когда накопленная энергия достигает 8,7 кВт·ч, до 1800 об/мин освобождает 5,5 кВт·ч энергии. При ровной дороге это обеспечивает движение транспортного средства на 9 км. Ориентировочно пункты подзарядки были размещены через 3 км. Маховники в современной конструкции подвижного состава с гирустановками имеют частоту вращения от 10 000 до 20 000 об/мин.

Фирма General Electric разработала новую схему транспортного средства, у которого в задней части находится маховик, состоящий из многодискового ротора, соединенного с валом мотор-генератора (рис. 3.68). Вращающаяся масса состоит из следующих частей: многодисковый ротор маховика из высокопрочной стали, немагнитный соединительный круг, прикрепленный к ротору мотор-генератора.

Диски ротора сварены так, что быстро вращающийся диск прилегает к неподвижному диску. Валы обоих дисков закреплены на одной осн. Ротор размером 1000 мм состоит из 6 пластин. Масса всего маховика около 650 кг. Частота вращения маховика — от 5750 до 11 500 об/мин, что соответствует энергии 43 МДж. Разгон маховика с 500 до 10 000 об/мин требует 90 с. Маховик вместе с мотор-генератором размещен в энергетическом блоке, заполненном гелием. При торможении тяговый двигатель работает как генератор и определенная часть тормозной энергии возвращается маховику и аккумулируется в нем.

При эскизной проработке двух транспортных систем в одном транспортном средстве (дуобусе) используются достоинства обоих транспортных средств. Теоретически допустимым было бы такое решение, в котором сочетались бы три вида тяги (триобус). Та-



кое решение является предметом исследований в будущем.

Наиболее целесообразное решение транспортных средств двойной тяги лежит в сочетании таких технических решений:

троллейбусная тяга на наиболее загруженных улицах и на подъемах;

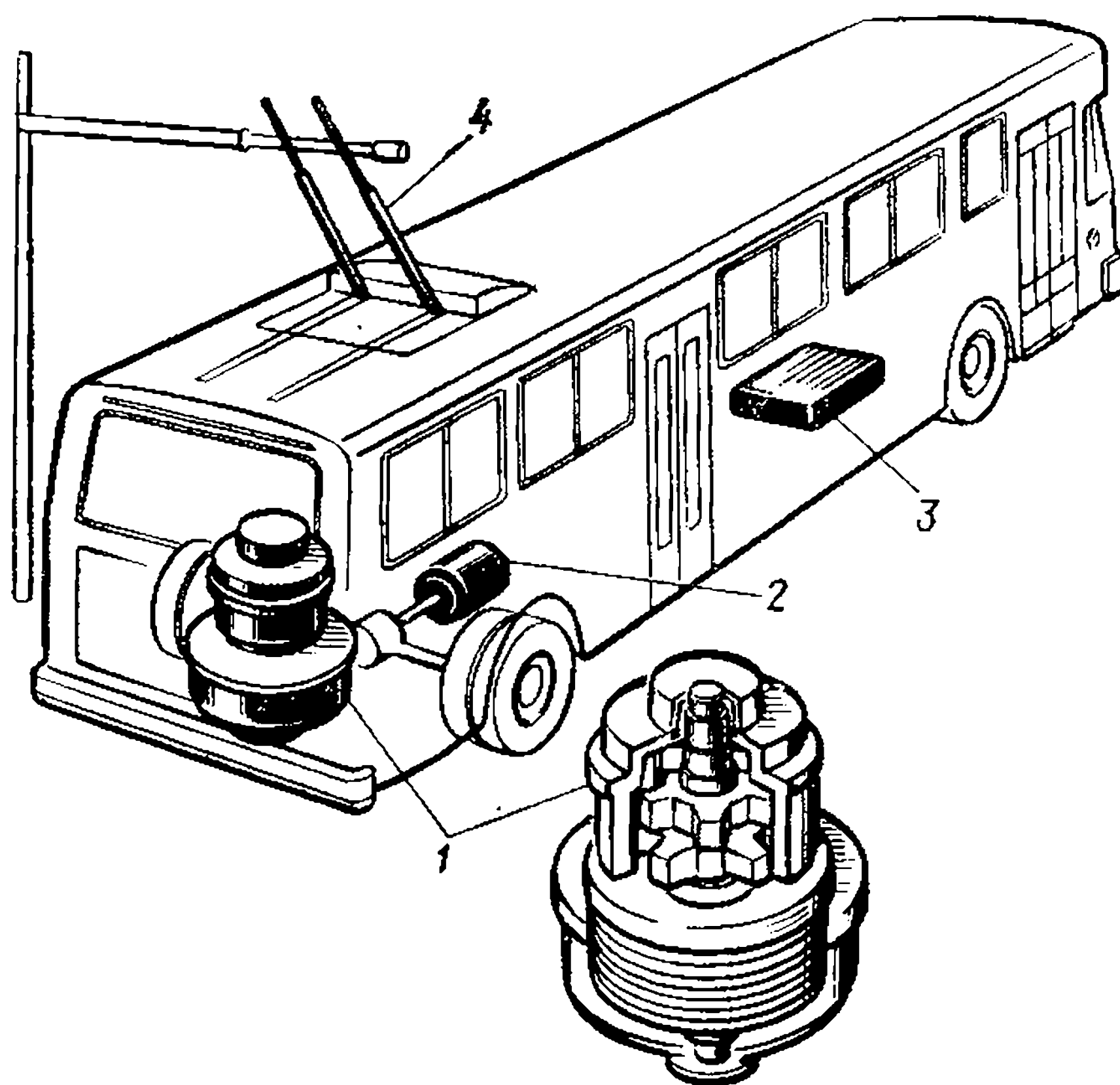


Рис. 3.68. Схема гиробуса фирмы *General Electric*:

1 — маховик с генератором; 2 — тяговый двигатель постоянного тока;  
3 — электрическое вспомогательное оборудование для подзарядки, езды и торможения (рекуперативное торможение); 4 — токосъемники

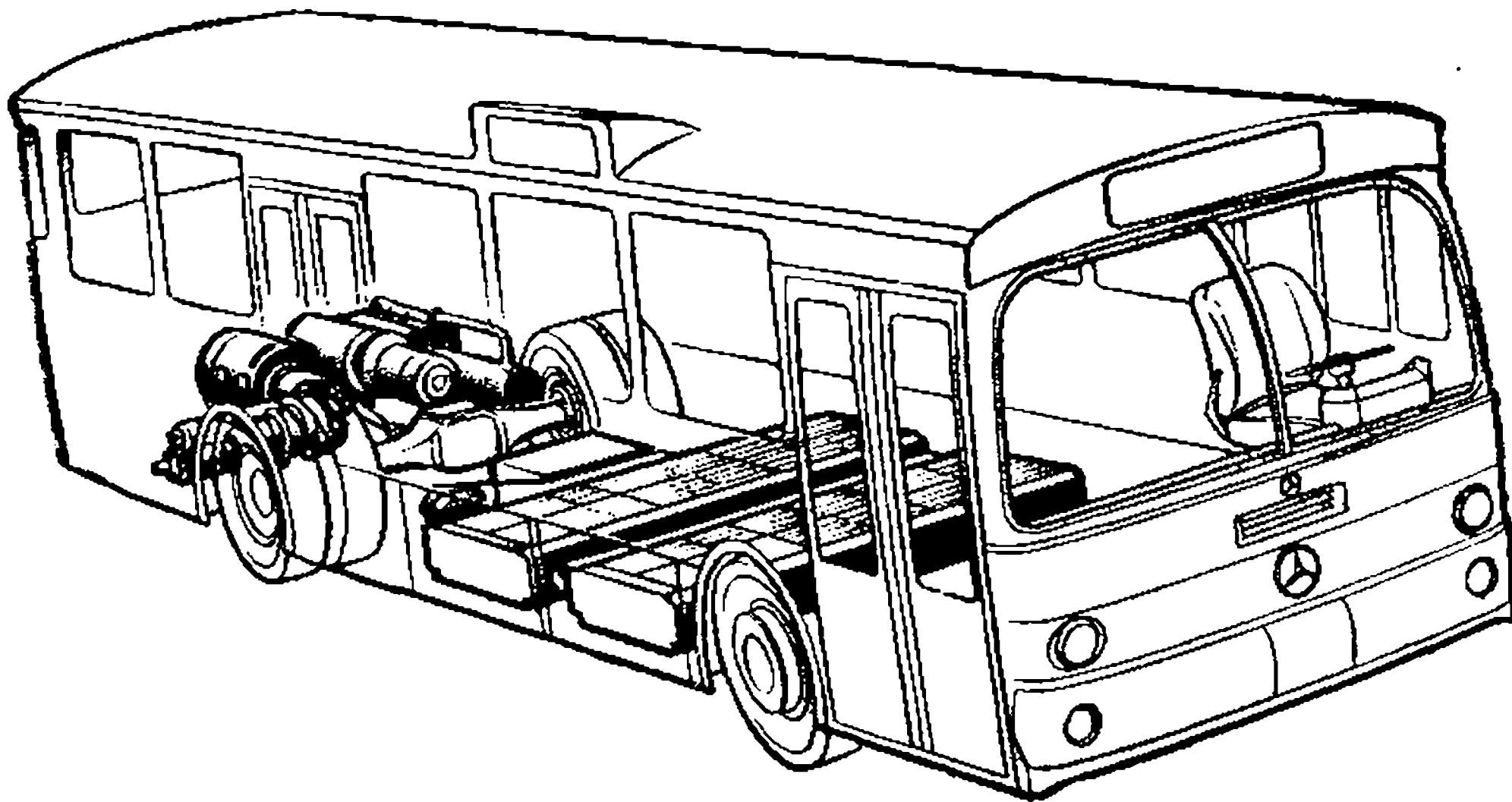


Рис. 3.69. Дуобус в виде сочетания автобуса и электробуса

использование аккумуляторов там, где по эстетическим, архитектурным и, возможно, техническим соображениям нецелесообразно использовать троллейбусное движение;

использование двигателя внутреннего сгорания (чаще всего дизельного) на протяженных трассах при малой интенсивности движения.

Дуобусы испытывают в следующих сочетаниях.

1. Автобус и электробус (рис. 3.69). Электрический тяговый двигатель питается от тяговых аккумуляторов, которые заряжаются от электрического генератора, приводимого в действие двигателем внутреннего сгорания (см. рис. 3.69). Неравномерная нагрузка тягового двигателя и неровная дорога приводят к неравномерному вращению и сжиганию смеси, что вызывает выброс большого объема вредных веществ. Сочетание двигателя внутреннего сгорания

и аккумуляторов позволяет существенно снизить неравномерность движения, настолько, что двигатель внутреннего сгорания непрерывно работает на оптимальных оборотах. Подзарядка аккумуляторов преобразованной энергией от двигателя внутреннего сгорания через генератор позволяет уменьшить частоту смены аккумуляторов по сравнению с электробусами. В центре города дуобусы работают от аккумуляторов. Вне центра города, при меньшей интенсивности движения, тяговый двигатель опять питается от генератора, который одновременно подзаряжает аккумуляторы, а сам приводится в действие двигателем внутреннего сгорания. Электрический тяговый двигатель имеет длительную мощность 115 кВт, а кратковременная перегрузка допускается до 150 кВт. Емкости аккумуляторов достаточно на 50 км поездки. Аккумуляторы имеют напряжение 360 В и емкость 230 А·ч. Генератор постоянного тока. Двигатель внутреннего сгорания работает на постоянных оборотах с минимальной мощностью 74 кВт. Для снижения шума двигатель помещен в кожух. Тяговый двигатель при торможении работает в режиме генератора, возвращая часть энергии в аккумулятор. Возврат энергии может достигать 50%.

При такой гибридной схеме масса аккумуляторов составляет всего 50% массы аккумуляторов электробуса. В ночное время аккумуляторы подзаряжают с помощью стационарных зарядных станций.

Более высокая по сравнению с оптимальной мощность двигателя внутреннего сгорания, необходимая при разгоне дуобуса, обеспечивается за счет аккумуляторов. Электролит аккумуляторов охлаждается. Охладитель размещен под крышей дуобуса.

2. Троллейбус и электробус (рис. 3.70). Электри-



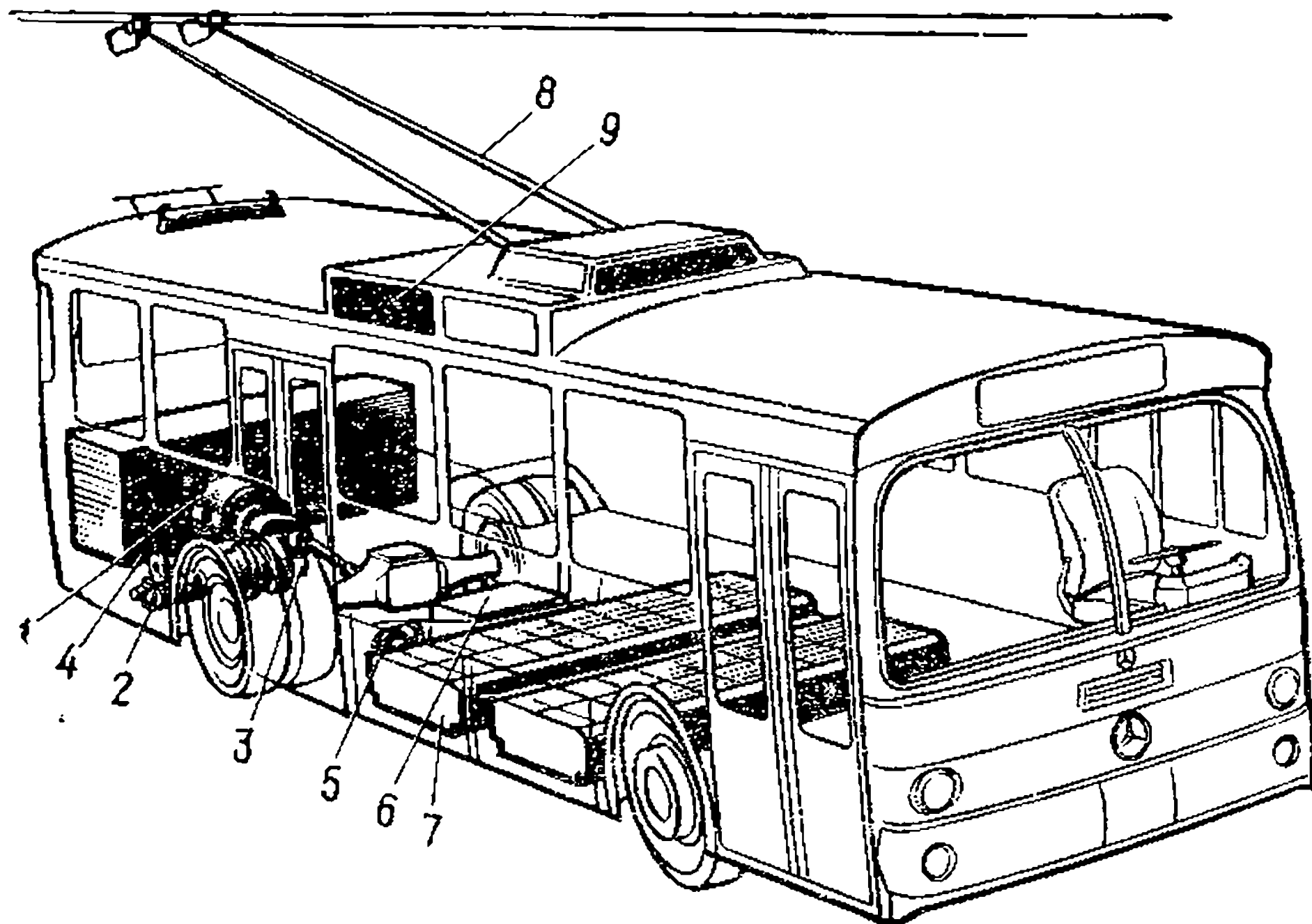


Рис. 3.70. Дуобус в виде сочетания троллейбуса и электробуса:  
 1 — тяговый двигатель; 2 — компрессор; 3 — охладитель тягового двигателя; 4 — зарядное устройство; 5 — охладитель подзарядных батарей; 6 — электронное управляющее оборудование; 7 — электрическая подзарядка; 8 — токосъемники с автоматической установкой; 9 — охладитель электрической подзарядки

ческий фазовый двигатель питается от аккумуляторов и контактной сети (см. рис. 3.70). Такая схема дуобуса делает его независимым от первичного источника на жидком топливе. Данный тип подвижного состава лучше в отношении защиты окружающей среды. Движение дуобуса на улицах с контактной подвеской обеспечивается от электрического тока в контактных проводах, а при отсутствии контактной подвески — от аккумуляторов, имеющих в дуобусе. Регулярная подзарядка позволяет не заменять их во время работы.

Преимущества дуобусов по сравнению с трамваями и троллейбусами состоят в следующем:

нет необходимости в движении только при наличии контактной подвески. Пространственная независимость дуобуса позволяет использовать его при строительных работах на улицах, при ремонте контактной подвески, при обгонах другого дуобуса или при передвижениях в депо;

возможность продолжения движения без питания от контактной подвески и на менее загруженных улицах, не имеющих контактной подвески;

на кривых участках пути контактную подвеску можно не устраивать, обходясь без нее.

Преимущества дуобуса по сравнению с автобусом:

в городах не выбрасываются никакие вредные вещества, при необходимости возможна работа в зонах большого скопления пешеходов;

движение на подъем вследствие особенностей тягового двигателя более плавное;

шум от дуобуса намного меньше.

Управление токосъемниками с помощью сервомоторов автоматическое. Переход на питание от контактного провода (на работу в режиме троллейбуса) длится 15 с. Водитель устанавливает токосъемники на контактные провода с помощью трех кнопок, расположенных на пульте управления. Точная установка токосъемников на контактные провода выполняется с помощью датчиков, размещенных на концах штанг. Датчик выполнен в виде петли из проволоки высокого сопротивления. Как только токосъемник касается контактного провода, петля опускается.

3. **Троллейбус и автобус** (рис. 3.71). Этот вариант дуобуса состоит из экипажа с тяговым двигателем, который питается от контактного провода или же

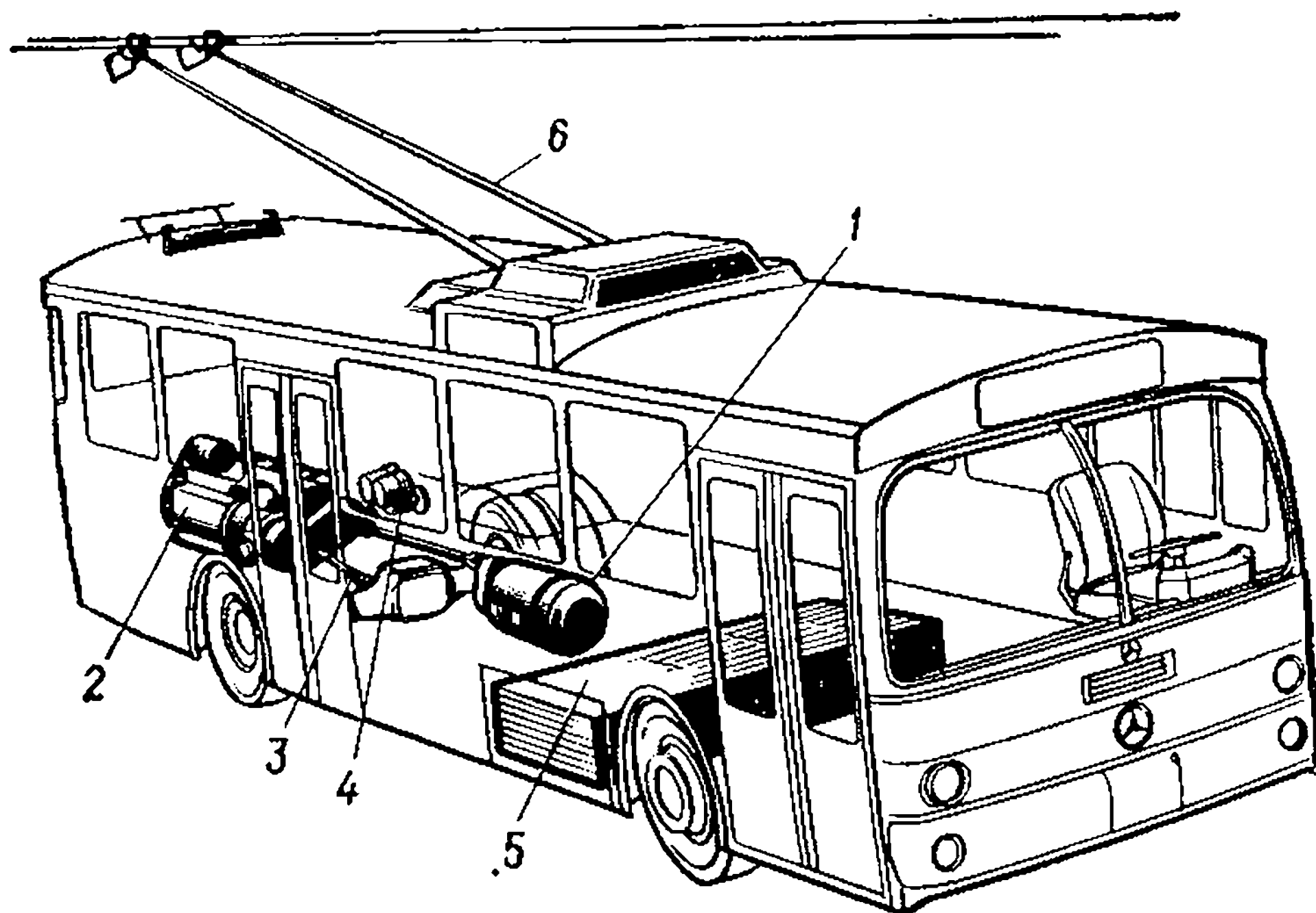


Рис. 3.71. Дуобус в виде сочетания троллейбуса и автобуса:  
 1 — тяговый двигатель; 2 — двигатель внутреннего сгорания с автоматической передачей; 3 — коробка передач; 4 — компрессор; 5 — электронное управляющее оборудование; 6 — токосъемник с автоматической установкой

дуобус работает от двигателя внутреннего сгорания, который обеспечивает движение с помощью зубчатой передачи и шарнирного вала.

### 3.5. ТРАНСПОРТНЫЕ СИСТЕМЫ НЕПРЕРЫВНОГО ДЕЙСТВИЯ

Транспортные системы непрерывного действия представляют собой средства передвижения, которые выполняют условия минимизации времени ожидания

пассажирами тем, что постоянно находятся в распоряжении пассажиров. На рис. 2.4 эти системы обозначены Н2 и Н8. По сравнению с индивидуальными транспортными средствами обеспечивается улучшение использования транспортных площадей без нужды в парковке, причем безопасность входа-выхода обеспечена в максимальной степени.

Средства передвижения непрерывного действия — эскалаторы, движущиеся тротуары — можно разделить на группы в зависимости от скорости, от конструктивного исполнения (ленточные или пластинчатые) и от способа входа-схода. Пассажиры на движущемся тротуаре стоят или же на нем размещены кабины, в том числе с креслами для сидения. Движущиеся тротуары могут располагаться горизонтально или под углом к горизонту.

Движущиеся тротуары по скорости движения делятся на: *тихоходные* (скорость 2,5—3,6 км/ч), *скоростные* (12—17 км/ч) и *системы с пассивными кабинами* (20—33 км/ч). На тихоходные ленты входят с тротуара или входной площадки. На скоростные ленты входят последовательно, переходя с ленты меньшей скорости на ленту большей скорости.

Движущиеся тротуары изготавливают из технической резины и металлических пластин. Ленты, изготовленные из технической резины, имеют каркас из текстильных нитей или металлических проволок. Ленты опираются на несущие рольки или скользуны. Движущиеся тротуары, изготовленные из технической резины, используют при длинах до 100 м. Шаг роликов или скользунов должен быть таким, чтобы прогиб ленты был минимальным. Ленты, уложенные на скользунах, требуют на 50—80% больше затрат мощ-

ности, чем при опирании на ролики. Пластинчатые конвейеры (гнбкне дорожки) состоят из пластин, которые сфальцованы в длину. Конструктивное решение пластин и их движение различаются в зависимости от изготовления.

Производительность движущегося тротуара (пассажиров/ч)

$$Q_p = v_p O_p S_p \cdot 3600,$$

где  $v_p$  — скорость движения ленты, м/с;

$O_p$  — вместимость ленты, пассажиров/м<sup>2</sup>;

$S_p$  — ширина ленты, м.

При известной ширине ленты  $Q_p = v_p d \cdot 3600$ , где  $d$  — число пассажиров на 1 м длины ленты, пассажиров/м.

Согласно зарубежным исследованиям, скорость 0,9 м/с приемлема даже для лиц старшего возраста. Меньшие скорости неэкономичны из-за пониженной провозной способности.

Ширина движущегося тротуара ( $b$ ) обычно, как у эскалаторов, — 608, 800 или 1000 мм, а в некоторых случаях — и до 1600 мм. Провозная способность при повышении скорости изменяется неравномерно, а при достижении определенной скорости начинает снижаться (рис. 3.72).

На наклонно устроенных тротуарах движение менее удобно, и по мере увеличения наклона возникает опасность падения. С увеличением уклона скорость падает. Речь идет о входе и выходе с неподвижной платформы.

Угол наклона, град	Скорость движения, м/с
0—3	0,90
3—5	0,80
5—8	0,70
8—12	0,66
12—15	0,63

Скоростные движущиеся тротуары обеспечивают более высокую провозную способность. Чтобы вход на скоростной движущийся тротуар был возможен и одновременно безопасен, между лентой и выходной платформой имеется ускоряющее устройство, которое служит для постепенного перехода от нулевой скорости до движущейся с максимальной скоростью ленты.

Транспортные ленты с ускоряющими устройствами делятся на следующие группы:

Номер группы	Ускорение	Обслуживание
1	неравномерное	равномерное
2	равномерное	неравномерное
3	равномерное	равномерное

Параллельное расположение конвейерных лент с различной скоростью движения обеспечивает возможность постепенного перехода от ленты с меньшей ско-

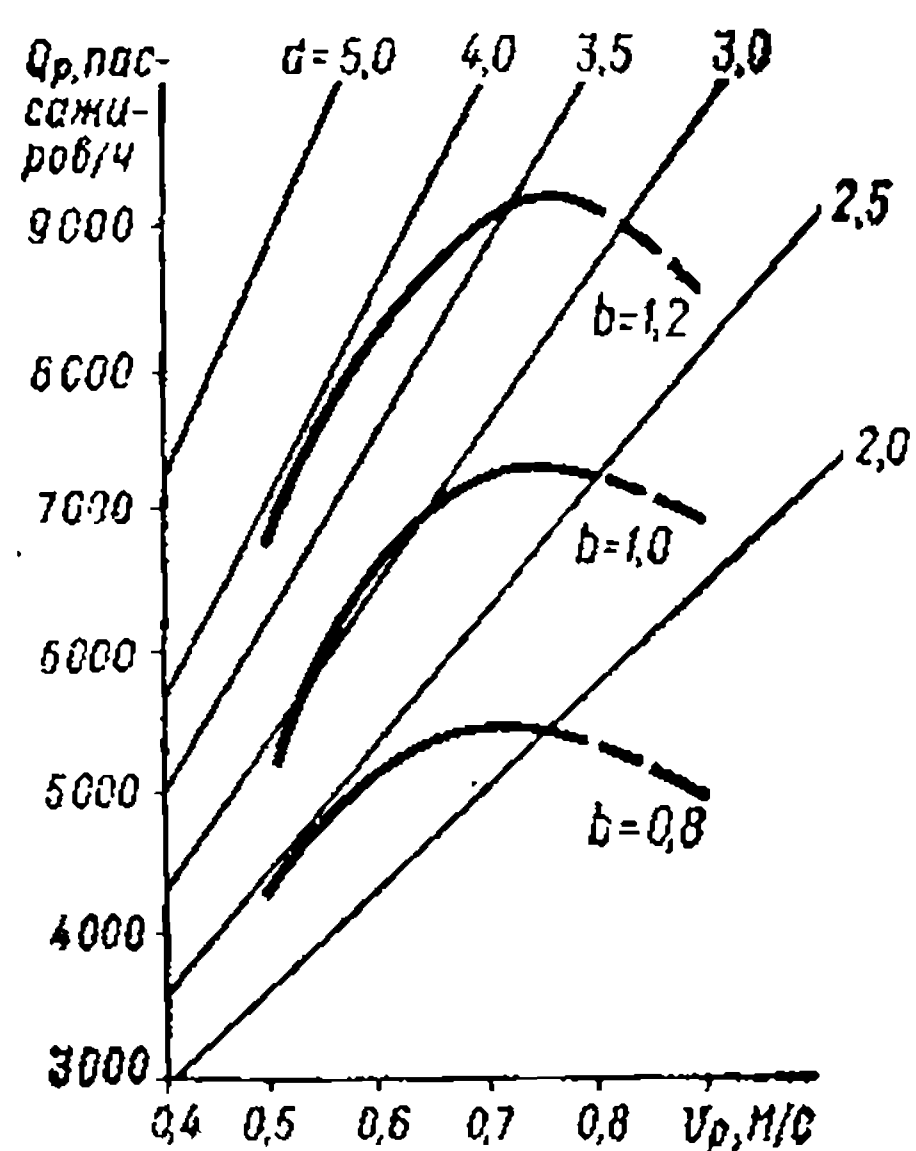


Рис. 3.72. Провозная способность конвейерных лент при разных скоростях, ширине ленты и числе пассажиров на 1 м длины ленты

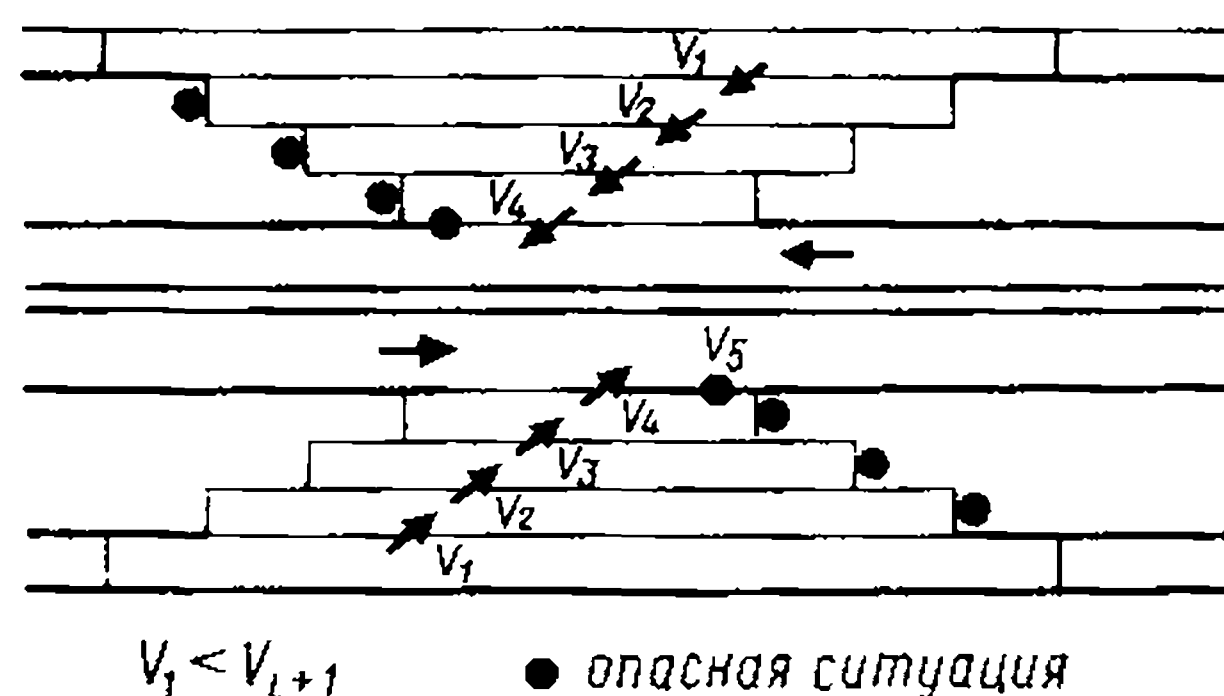


Рис. 3.73. Переход на скоростную конвейерную ленту с помощью параллельно расположенных лент

ростью на ленту с большей скоростью или наоборот. Речь идет о неравномерном ускорении и равномерном движении пассажиров (рис. 3.73).

Равномерное изменение ускорения и посадка-высадка пассажиров обеспечиваются с помощью вращающегося диска с окружными скоростями  $v_1$  и  $v_2$ . Наибольшая окружная скорость образуется на наибольшем диаметре диска, скорость  $v_2$  равна скорости скоростного движущегося тротуара (рис. 3.74). Пассажиры постепенно проходят по вращающемуся кругу к наибольшему диаметру и переходят на движущийся тротуар. Недостатком такой системы является потребность в больших площадях. Размеры круга зависят от скорости и от центростремительного ускорения (табл. 3.3).

В работе [19] приведено допустимое центростремительное ускорение  $a_0 = 0,363 \text{ м/с}^2$ , приемлемое для пассажиров на вращающемся круге.

Для достижения высокой провозной способности при сохранении определенного уровня комфортабельности посадки на скоростной движущийся тротуар и



Таблица 3.3.

Скорость, км/ч	Диаметр круга, м, при центростремительном ускорении, м/с <sup>2</sup>			
	0,3	0,4	0,5	0,6
8	33	25	20	16
10	51	39	31	26
12	74	56	44	37
14	101	76	60	50
16	132	99	79	66
18	167	125	100	83
20	206	187	149	126
24	296	222	178	148

обеспечения максимальной безопасности необходимо промежуточное подвижное звено — ускоряющее оборудование. Скоростные движущиеся тротуары имеют скорость 17 км/ч и более.

Ускоряющее оборудование можно разделить следующим образом:

1. Несколько движущихся тротуаров с разными скоростями движения, уложенных рядом (см. рис.

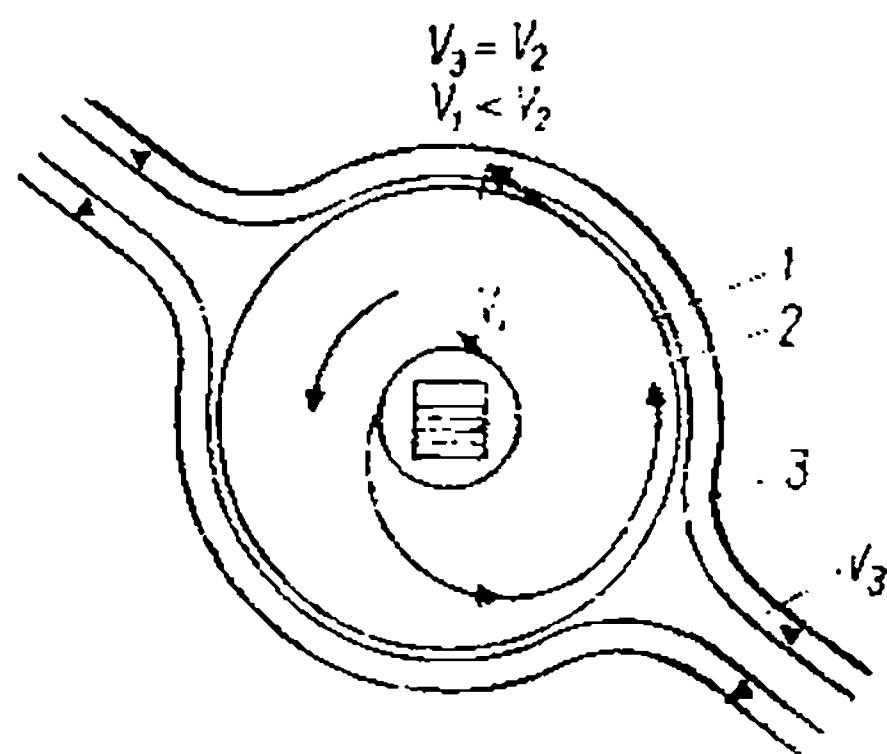
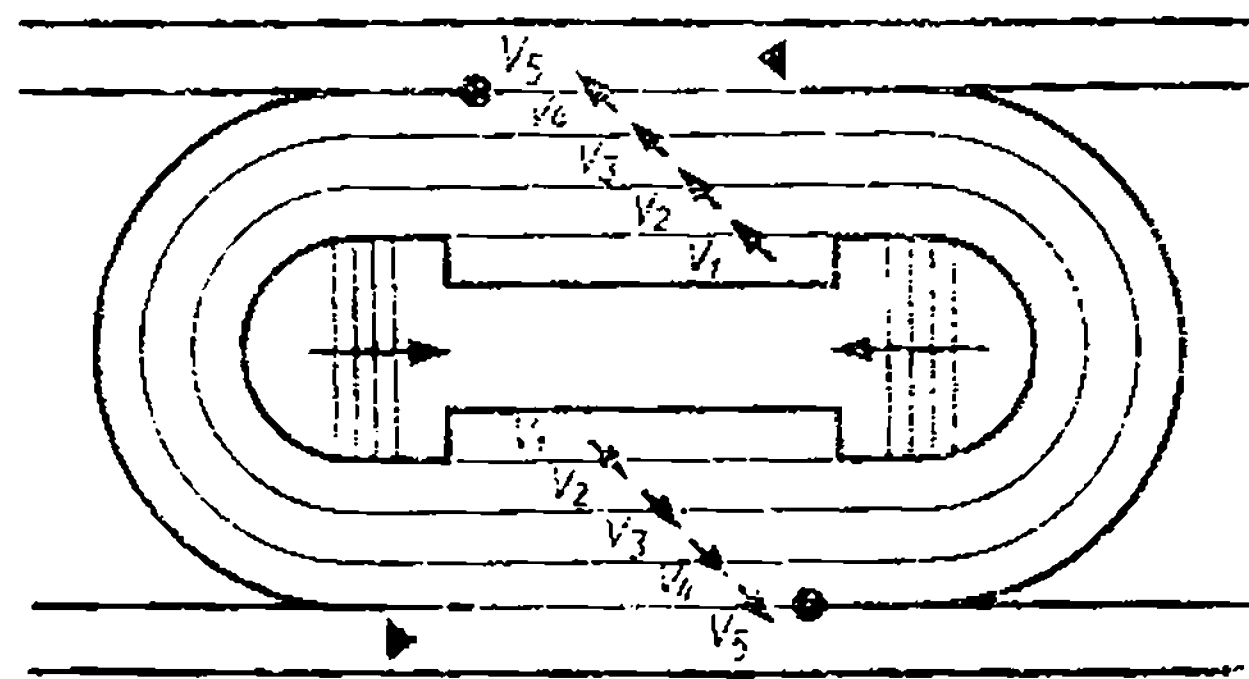


Рис. 3.74. Непрерывное изменение скорости с помощью вращающегося круга (диска): 1 — диск; 2 — ступеньки; 3 — скоростная лента

3.73 и 3.75). Переход на ленты с большей скоростью неравномерный.

2. Переход на скоростную ленту выполняется с круга, который на максимальном радиусе имеет наибольшую окружную скорость, равную скорости такой ленты (см. рис. 3.74). На рис. 3.76 входная площадка на скоростной ленте состоит из вращающихся движущихся тротуаров.

3. Поддонный ускоритель основан на принципе изменения скорости растяжения и сжатия элементов сетки. Движущийся тротуар имеет форму, позволяющую растягивать и стягивать отдельные элементы сетки. Скорость элемента может изменяться от 3,2 до 19 км/ч (рис. 3.77). Такие ускорители движущихся тротуаров используют на коротких участках, на станциях посадки при переходе на скоростную ленту или в начале и конце гибких движущихся тротуаров (рис. 3.78).



$V_1 < V_{L+1}$  ● опасная ситуация

Рис. 3.75. Посадочные ускоряющие движущиеся тротуары эллиптического вида

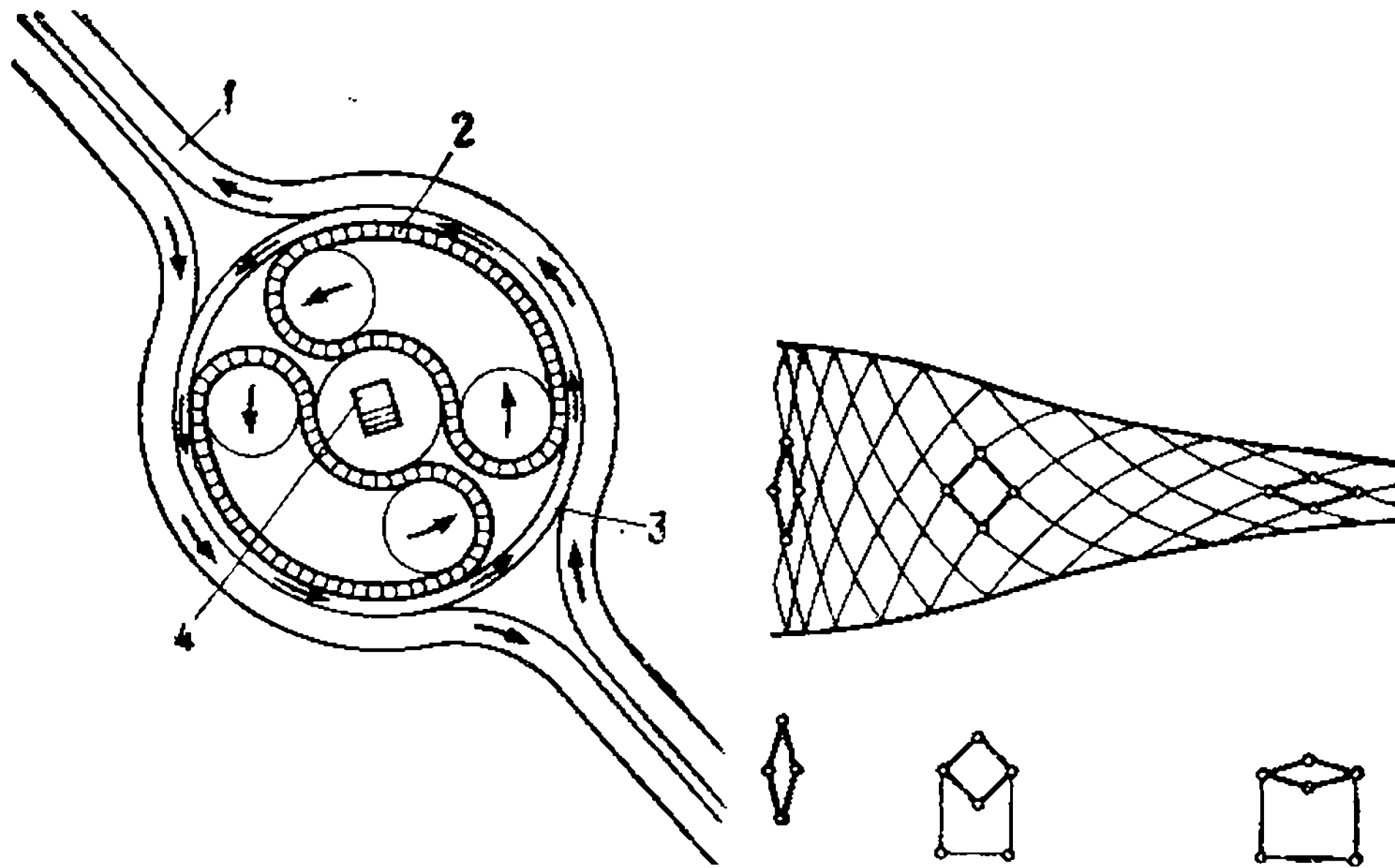


Рис. 3.76. Вход на скоростной тротуар с помощью вращающегося движущегося тротуара. 1 — скоростной движущийся тротуар; 2 — вращающаяся лента; 3 — переходная часть; 4 — ступеньки

Рис. 3.77. Изменение скорости ленты по принципу изменения формы ячейки сети

**Тихоходные движущиеся тротуары.** Их изготавливают несколько фирм в мире, используют для перевозки пассажиров в зонах посадки аэропортов, в торговых центрах, на станциях метрополитена (например, в Париже), в местах остановки и парковки автомобилей. Скорость ленты изменяется от 0,6 до 0,83 м/с.

Некоторые движущиеся тротуары имеют переменную скорость. Например, на лондонском метрополитене на станции Банк скорость движущегося тротуара

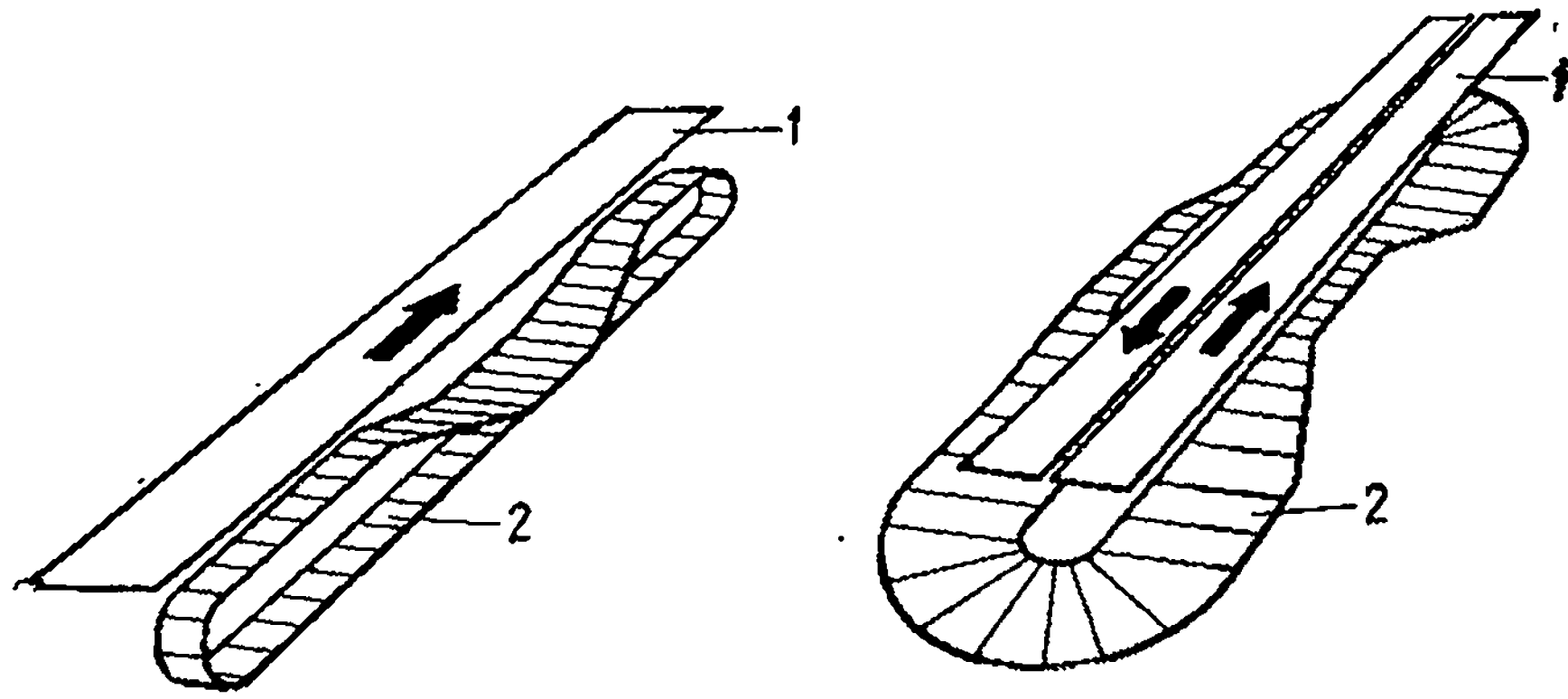


Рис. 3.78. Расположение ускоряющей ленты при переходе на скоростной движущийся тротуар с непрерывно изменяющейся скоростью:  
 1 — скоростной движущийся тротуар; 2 — ускоряющая лента

ра изменяется от 0,46 до 0,9 м/с. Ширина ленты 600—1200 мм.

Фирма Otis Elevator Co. изготавливает движущиеся тротуары с шириной ленты 400 мм (рис. 3.79). Пластины закреплены на тяговой цепи и с помощью ведущих роликов движутся по путевой структуре.

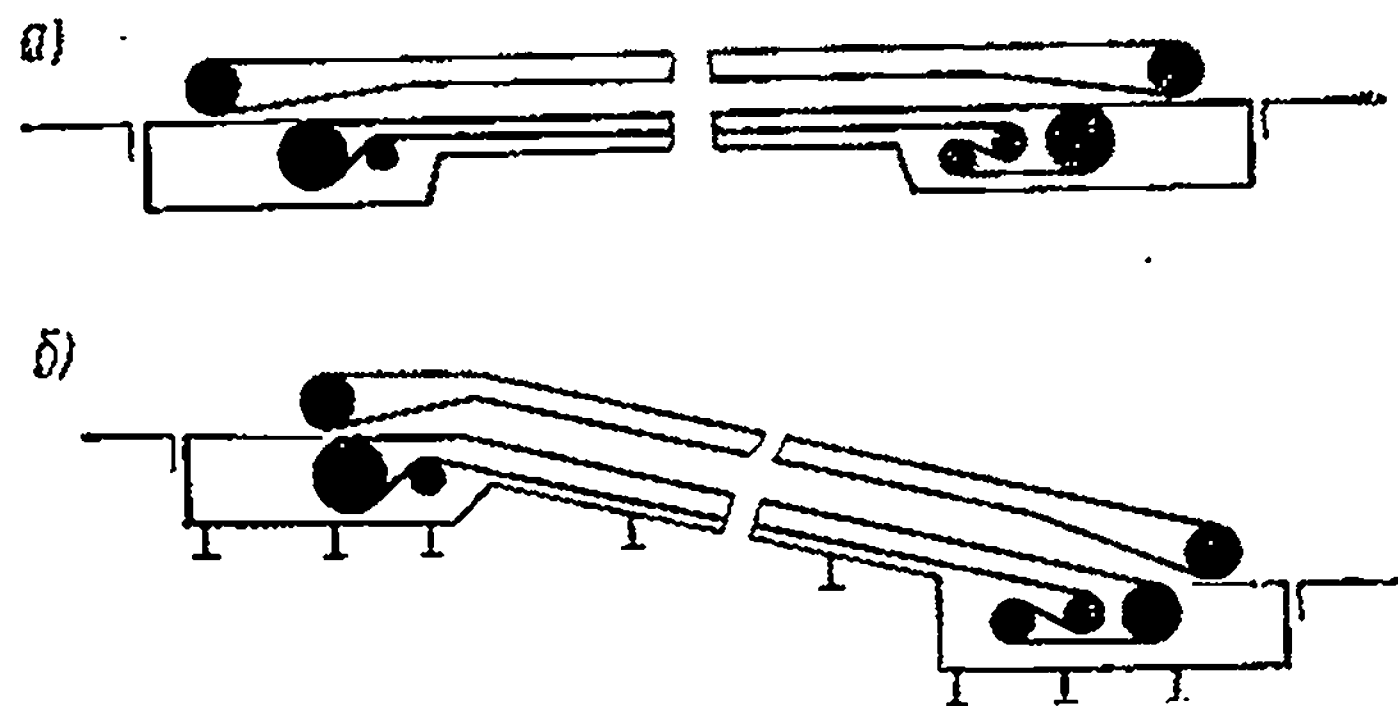


Рис. 3.79. Движущийся тротуар фирмы Otis Elevator Co.:  
 а — горизонтальный; б — наклонный

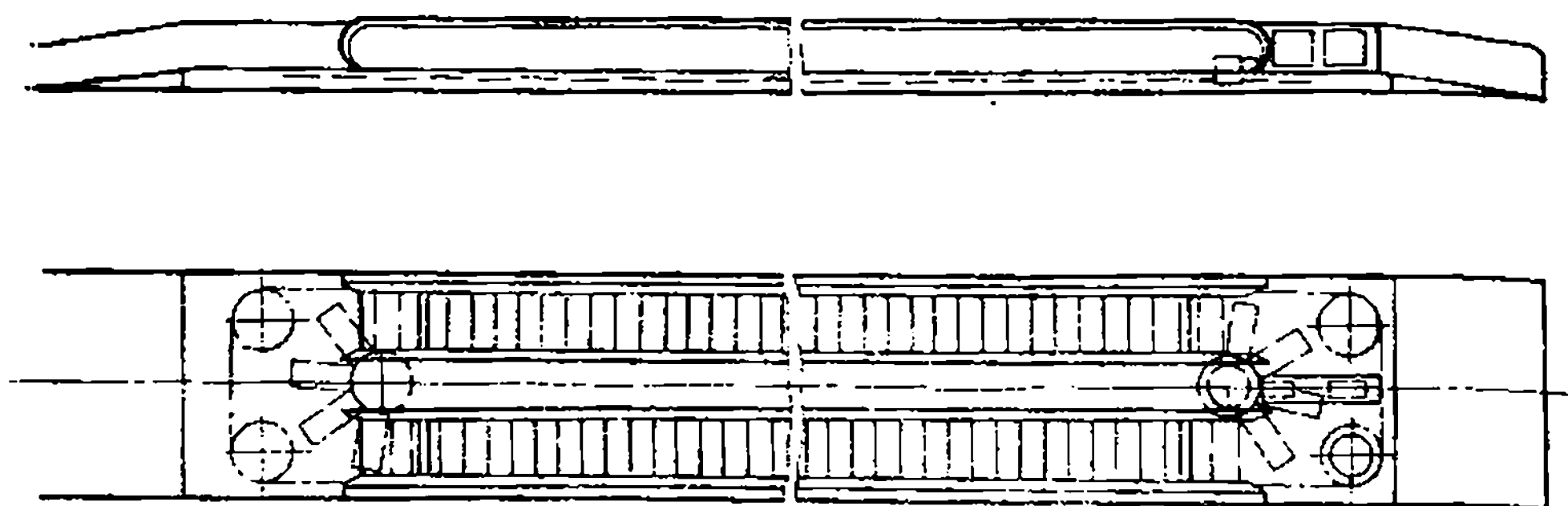


Рис. 3.80. Пластинчатый движущийся тротуар с поворотными пластинами в горизонтальном уровне

Фирма Westinghouse разработала систему движения пластин с помощью зубчатой цепной передачи. Вдоль тротуара имеется определенное число тяговых единиц.

Фирма Maschinenfabrik Breta использует пластины с двумя роликами. К пластинам прикреплены тяговые цепи. Ускоряющие тяговые ролики в продольном направлении приводят в движение две последовательные пластины.

Фирма Orenstein et Koppel получила принципиальное решение движения пластин такое, что на конечных станциях в горизонтальном уровне лента изменяет направление движения на  $180^\circ$  (рис. 3.80). Оба направления движения лент находятся в одном уровне, чем достигается удвоение производительности ленты. Движение пластин обеспечивается с помощью тяговых цепей. Соседние пластины соединены с помощью цапфы, что создает возможность их взаимного поворота в горизонтальной плоскости. На конечных станциях пластины попадают на круговую тележку, с помощью которой движутся в вертикальной плоскости и отцепляются от тяговой цепи. По

окончании перехода на обратную ветвь пластина надвигается на наружную цепь, начиная движение в обратном направлении.

**Скоростные движущиеся тротуары.** Их сооружают для скоростей от 12 до 17 км/ч; максимальная провозная способность 10—20 тыс. пассажиров/ч.

Фирма *Diprol* (Великобритания) изготавливает скоростные движущиеся тротуары, имеющие провозную способность более 10 тыс. пассажиров/ч. Движущийся тротуар изготавливают из неопрена, армированного стальными тросами. Движение тротуара обеспечивается ленточным двигателем с переменной скоростью. Длина трассы движущегося тротуара 3—4 км. Скорость движения 15—16 км/ч. Вдоль тротуара имеются движущиеся перила. Тротуары могут располагаться в уровне проезжей части улицы и выше этого уровня. Сход с движущегося тротуара облегчается замедлителем, а вход на такой тротуар — ускорителем.

Система *Diprol-S* позволяет входить на тротуар и сходить с него в любом месте трассы, а не только в прямом направлении. Использовать такой движущийся тротуар можно в городах с высокими потребностями в перевозках, на больших автостоянках, особенно в больших местах посадки (станции, аэропорты), в пешеходных зонах с крупными торговыми центрами. Техническая длина движущихся тротуаров около 120 м.

Одна французская фирма разработала движущийся тротуар *Trans-18* с переменной скоростью до 18 км/ч на расстояниях до 500 м. Вход на движущийся тротуар обеспечивается с ускорителя, движущегося со скоростью 3 км/ч, которая постепенно возрастает до 18 км/ч. Движущийся тротуар состоит из металли-

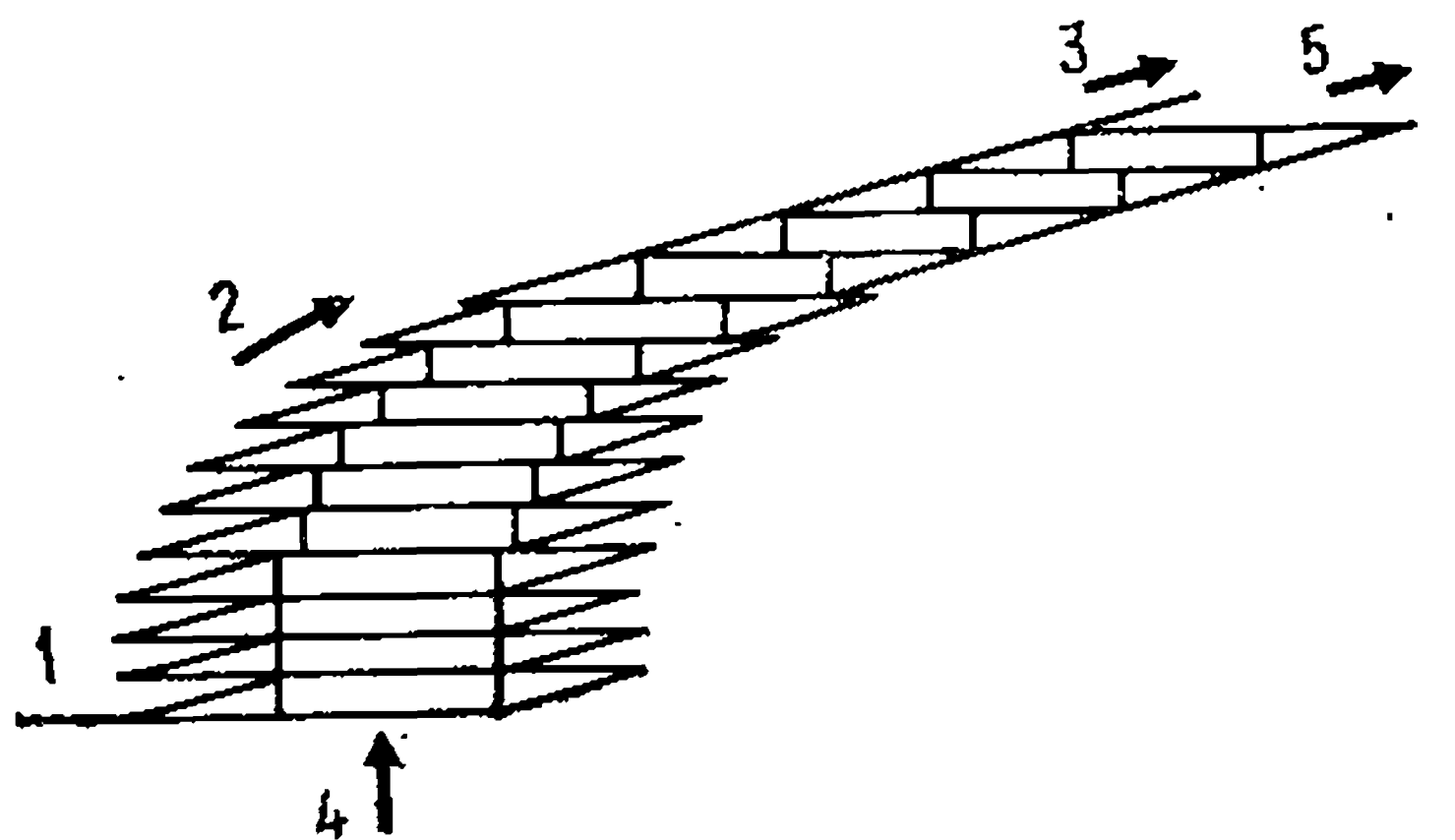


Рис. 3.81. Принцип работы движущегося тротуара типа S

ческих пластины, которые имеют вертикальную несущую часть. Провозная способность — до 20 тыс. пассажиров/ч. Перевозки можно выполнять в обоих направлениях. В данной системе большую площадь занимают ускорители и замедлители.

Принцип работы движущегося тротуара типа S показан на рис. 3.81. В зоне 1 движение осуществляется с небольшой скоростью, в зоне 2 происходит ускорение движения тротуара, а в зоне 3 скорость максимальная. В зоне 4 предусмотрен вход, а в зоне 5 скорость наибольшая.

Ускоритель *Bettelle* позволяет постепенно повышать скорость и увеличивать расстояние между входящими пассажирами (рис. 3.82).

**Пассивные кабины на движущихся тротуарах.** Фирма *Stephens-Adamson MFG Co.* (США) соорудила движущийся тротуар с пассивными кабинами системы *Carveyor*. Разработчики сообщают о провозной способности около 22 тыс. пассажиров/ч при скорости движения около 20 км/ч. Система обеспечивает



безостановочное движение между двумя конечными станциями.

На бесконечно движущемся тротуаре закреплены кабины для сидения и стояния пассажиров. Вход в кабины и выход из них — во время движения, причем на станциях скорость движения может быть снижена до 2,4 км/ч. Движение тротуара обеспечивается ленточным тяговым двигателем.

Кабины прикреплены к движущемуся тротуару и поэтому не требуют собственного источника тяги. При использовании кабин на 6 пассажиров минимальный радиус кривой 6 м. В данной системе не предусматривается пересечение путей или движение по ответвлениям. На станциях предусмотрены параллельные главному движущемуся тротуару с меньшими скоростями для входа и схода пассажиров. В системе автоматизировано управление скоростью и расстояниями между кабинами.

Фирма Kraus-Maffei проектирует движущийся тротуар с пассивными кабинами для пассажиров. Расстояние между станциями 300—500 м. Дорога уложена в тоннеле, размещенном над уровнем проезжей части. Скорость тротуара 12—18 км/ч. Ширина движущегося тротуара 1,5 м с местами для сидения на двух пас-

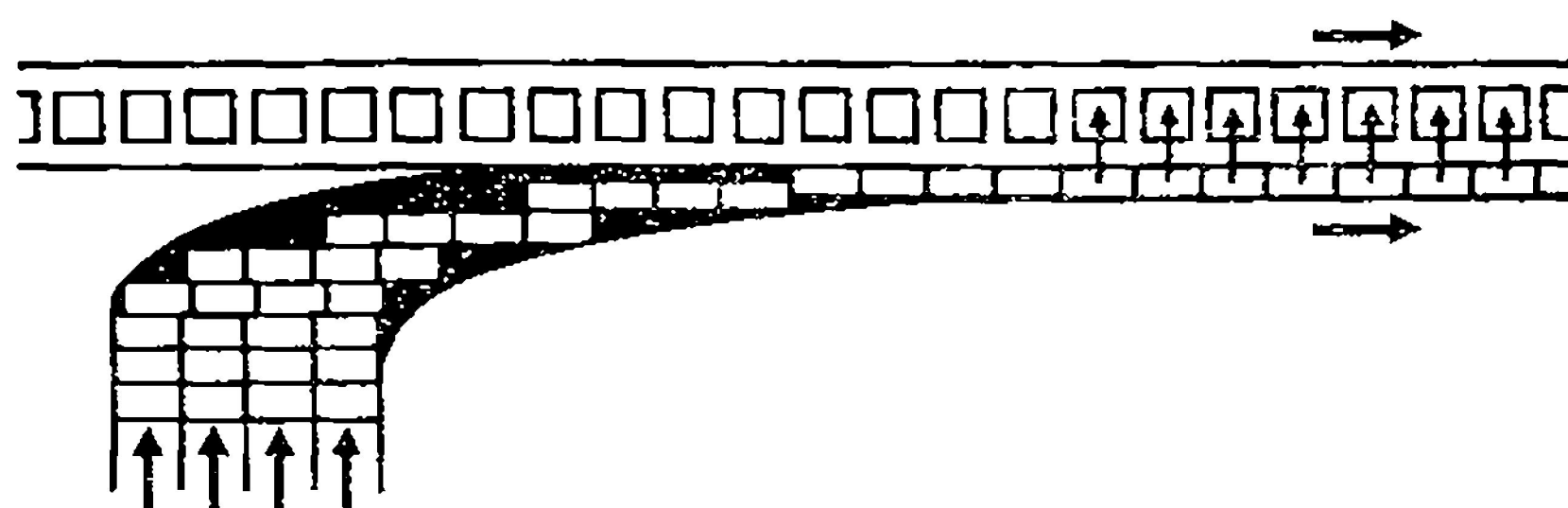


Рис. 3.82. Ускоритель движущейся ленты

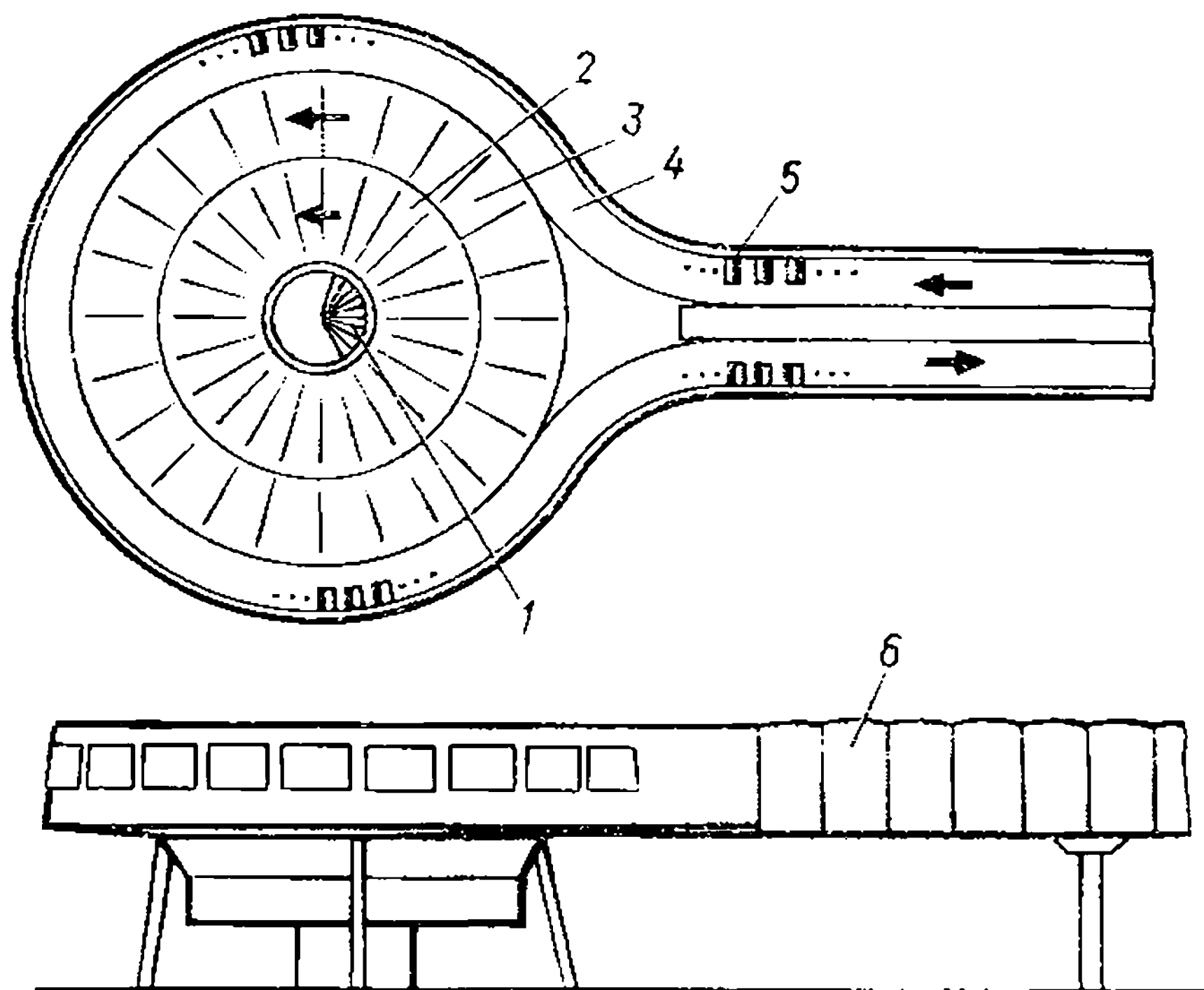


Рис. 3.83. Движущийся тротуар с пассивными кабинами фирмы Kraus-Maffei:

1 — ступеньки; 2 — внутренний диск; 3 — входной диск; 4 — движущийся тротуар; 5 — сиденья; 6 — тоннель

сажиров. Посадка обеспечивается с помощью дисков с разными скоростями, причем скорость на наибольшем радиусе примерно равна скорости тротуара с кабинами (рис. 3.83).

Тротуар предполагается приводить в движение с помощью магнитного поля. Тяга создается линейным тяговым двигателем, который обеспечивает плавную скорость движущегося тротуара. Тоннель металлический или железобетонный застекленный. Длина одной секции тоннеля должна быть 15 м. В тоннеле преду-

смотрено оборудование для кондиционирования воздуха. По архитектурным и градостроительным соображениям тротуар может быть заглублен ниже уровня земли. Уклоны предполагаются до 0,15. Для постепенного входа пассажиров на ленты с более высокой скоростью и допустимым центростремительным ускорением на диске предусмотрены отдельные диски с разными угловыми скоростями. Такой тип транспорта предполагает провозную способность при скорости 12 км/ч — 24 тыс. пассажиров/ч и при 18 км/ч — 36 тыс. пассажиров/ч. Сообщается, что при скорости 18 км/ч и расстоянии перевозок 7 км маршрутная скорость перевозки выше, чем трамваем или автобусом [16]. В специальной литературе сообщается, что максимальная провозная способность 6-вагонного поезда метро при интервале 90 с — 34 тыс. пассажиров/ч. Предполагаемые капитальные вложения в такую систему оценивались в 1972 г. приблизительно в 7 млн. марок на 1 км пути при стоимости метрополитена 50—60 млн. марок на 1 км пути. Вероятно, такая система была бы наиболее выгодной в зонах боль-

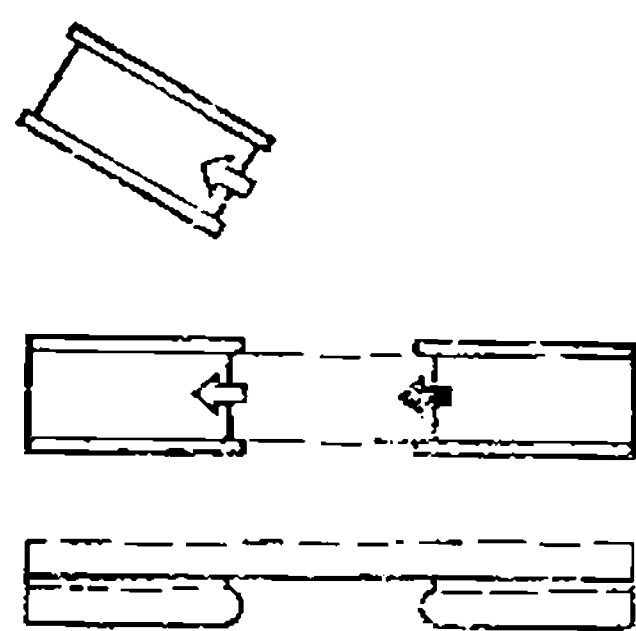


Рис. 3.84. Переход с одного движущегося тротуара на другой при неизменной скорости

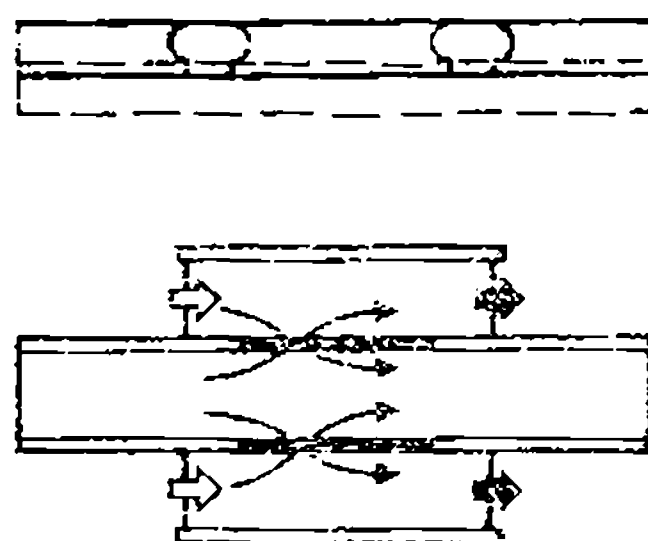


Рис. 3.85. Переход на скоростной движущийся тротуар

ших спортивных сооружений как соединительная линия между станциями метро и скоростного трамвая или городских железных дорог, в районах крупных выставок, для связи с аэропортами и т. п.

К этой же группе следует отнести транспортную систему концерна Крупп под названием *Coupe* (*Containersierte Ober- und Unterirdische Personen- und Frachtförderung*). Это контейнеры без тягового двигателя для двух пассажиров. Движение контейнера обеспечивается с помощью разных несущих транспортных средств, управляемых автоматически. Организация движения такова, что на станции отправления пассажир садится в один из вагончиков и кодирует пункт назначения. Несколько контейнеров (например, 15) помещаются в транспортное средство, которое перемещается от исходной станции до промежуточной, откуда контейнер перемещают дальше по скоростной городской железной дороге до соответствующего пункта назначения.

Пересадка с одного движущегося тротуара на другой возможна в том же самом направлении, но при ответвлениях пересадка возможна по схеме, изображенной на рис. 3.84. Тротуары имеют одинаковую скорость. Пересадка с тротуара на тротуар при одинаковых скоростях движения приводит к снижению провозной способности. Последовательный переход на скоростной тротуар возможен с помощью вспомогательного движущегося тротуара с меньшей скоростью (рис. 3.85).

## **4. КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ КЛАССИЧЕСКИХ И НОВЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ**

В начальных разделах показано, какие перевозки могут быть лучше выполнены или заменены в индивидуальном и общественном городском транспорте новыми транспортными средствами. Многие спроектированные или испытанные транспортные средства находятся на более высоком техническом уровне, имеют более высокие транспортные характеристики, вследствие чего сокращается время поездки, особенно время движения. Многие системы обеспечивают более высокую провозную способность и лучшее обслуживание территорий города. Все новые современные транспортные системы выполняют требования охраны окружающей среды, обеспечивают более высокую культуру обслуживания. Перевозки управляются автоматически, на высоком техническом уровне. Авторы многих проектов утверждают, что перевозки экономичнее, с низкими эксплуатационными издержками и капитальными вложениями.

### **4.1. ВОПРОСЫ СКОРОСТИ**

Пассажиры при выборе транспортного средства на первое место ставят скорость достижения пункта назначения, потому что критерий времени везде является первостепенным.

Новые транспортные средства для ГОТ во всех приведенных группах, как правило, не имеют высокой технической скорости по сравнению с классическими средствами. Маршрутную скорость можно повысить прежде всего ускорением посадки и высадки пассажиров на остановках, а также исключением остановок на станциях, где нет посадки и высадки. Иными словами, маршрутную скорость можно существенно повысить за счет изменения числа остановок.

Другая ситуация создается при кабинных системах, имеющих места только для сидения. При таких транспортных средствах можно добиться большей межстанционной скорости за счет более высокого ускорения. В тех транспортных средствах, которые имеют места и для стояния, допускается ускорение 1,5—1,6 м/с<sup>2</sup>. Этот технический параметр является человеческим фактором.

Максимально достигаемая маршрутная скорость соответствующего транспортного средства зависит от максимального ускорения и замедления и от расстояния между станциями. Ходовая скорость зависит от густоты сети и от числа станций, входящих в ее состав. Время поездки разделяется на следующие элементы: подход к станции, ожидание транспортного средства, время обслуживания транспортного средства на станции, время нахождения в транспортном средстве, время высадки. На время движения влияют следующие факторы: максимальная скорость; разгон, торможение и изменение скорости во времени; среднее расстояние между остановками; число остановок между станциями; число кривых; время нахождения на станции; скорость посадки и высадки пасса-



жиров; обслуживание транспортного средства; ограничения скорости движения; влияние уличного движения.

Маршрутная скорость в транспортной системе зависит от того, где движется транспортное средство: в пределах города или за его пределами (см. рис. 3. 55). Маршрутная скорость изменяется в диапазоне от 18 до 30 км/ч. Наивысшая маршрутная скорость достигается в метро. Маршрутная скорость зависит от следующих факторов: изменение скорости транспортного средства (ускорение и замедление), кривизна кривых, относительное смещение пассажиров при движении транспортного средства в кривой.

При определении максимального ускорения и замедления важную роль играет изменение ускорения во времени ( $\text{м/с}^3$ ). Покой пассажиров также зависит от этого фактора (рис. 4.1). Максимальные ускорения определяются не только техническими параметрами, например коэффициентом сцепления или мощностью тягового двигателя, но и показателями комфорта пассажира. При всех типах транспортных средств ускорение определяется комфортом пассажиров, а не технической стороной вопроса.

Отдельные ускорения движущегося транспортного средства можно разделить следующим образом:

ускорение в продольном направлении  $b_1 = dv/dt$ ,

ускорение в радиальном направлении при движении транспортного средства в кривой  $b_r = v^2/R$ ,

ускорение в вертикальной плоскости при изменении профиля пути  $b_v = v^2/R$ ,

смещение пассажира в транспортном средстве — кориолисово ускорение  $b_c = 2vu/R$ .

Определением максимально допустимых ускорений и замедлений для отдельных типов транспортных



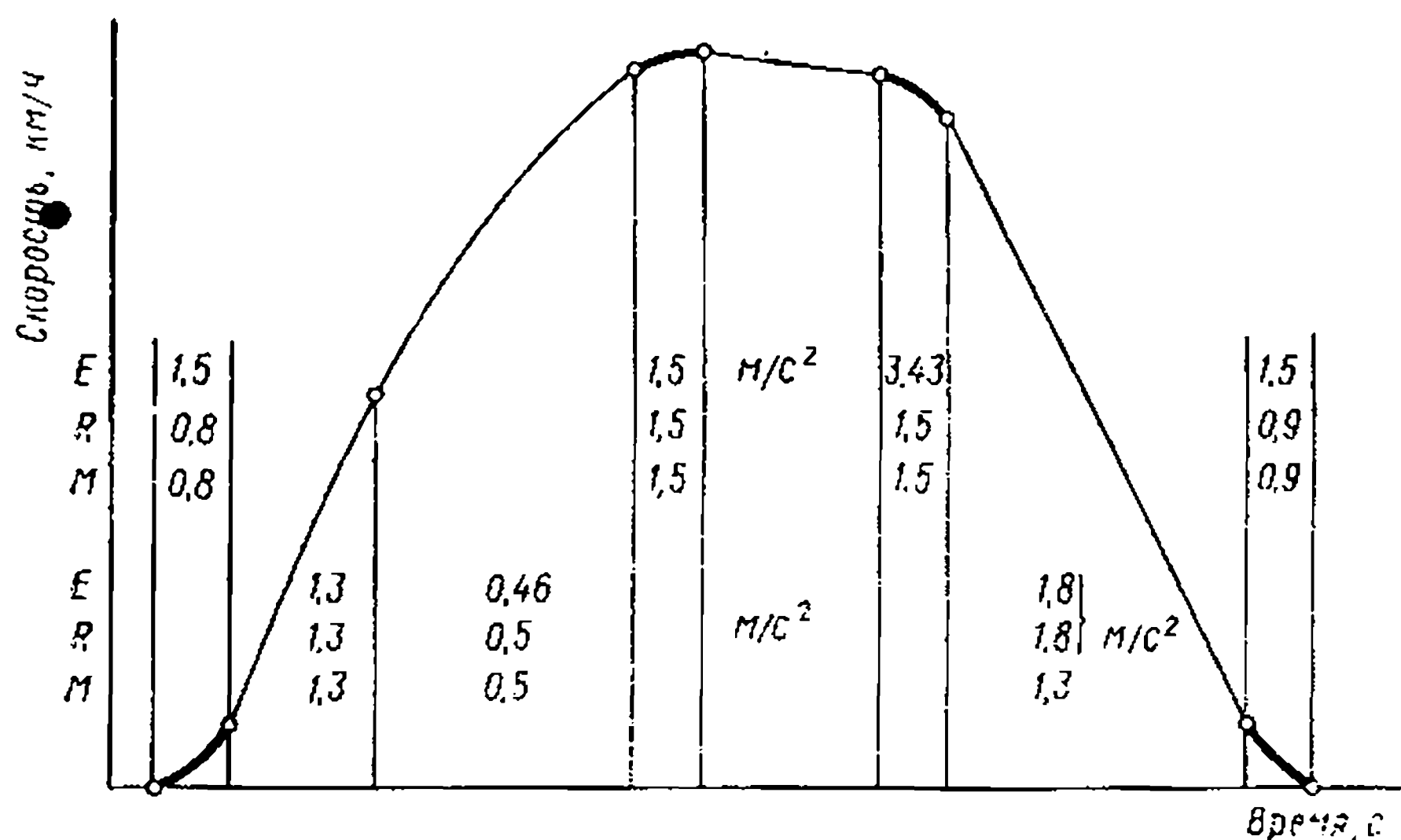


Рис. 4.1. Замедление и ускорение для трамвая (E), скоростного электрического транспорта (R) и метро (M) [11]

средств занято много специалистов. Эти значения различаются между собой и зависят от типа транспортного средства. Например, при малых кабинах *Cabintaxi*, где имеются места только для сидения пассажиров, были определены максимальные ускорения в диапазоне 6—8 м/с<sup>2</sup>\*. Еще одним условием является требование изменения ускорения во времени не более 2 м/с<sup>3</sup>.

Для трамваев типа *T* в ЧСФР ускорение согласно РТР МД составляет 1,7 м/с<sup>2</sup>.

Значения ускорения и замедления и изменения ускорения во времени на городских дорогах, скоростном электрическом транспорте и в метро приведены на рис. 4.1.

\* Такие ускорения для пассажиров недопустимы (Прим. науч. ред.).

## 4.2. ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ ТРЕБОВАНИЯ

Важную роль при определении качества транспортной системы наряду с маршрутной скоростью играет расстояние между станциями. В некоторых специальных публикациях сообщается, что расстояние между станциями метро в центре города должно быть 400 м, в крайнем случае 600 м, а на окраинах города — 550—850 м. С другой стороны, расстояние между станциями влияет на скорость поездки. Еще один важный фактор, влияющий на качество перевозок, это интервал между отдельными транспортными средствами. В центре города в качестве приемлемого считается интервал не более 7 мин для автобусов и трамваев и 8 мин для метро. Вне центра города эти значения больше.

Из других важных эксплуатационных вопросов, которые определяют качество перевозки пассажиров, следует рассмотреть посадку и высадку. Речь идет об удобствах пассажиров при входе и выходе из транспортного средства, в частности, о размерах входа (ширина и высота дверей); об удельном числе дверей (число дверей сбоку транспортного средства в зависимости от числа мест или ширина двери в зависимости от длины транспортного средства); о разности уровней платформы и пола транспортного средства (число ступенек); об использовании площадки у дверей при ускоренной посадке и высадке пассажиров; об охранных барьерах и т. п.; о способе открывания дверей (автоматический или механический).

Во многих запроектированных новых транспортных средствах использованы разные новые элементы автоматизации посадки и высадки. Например, в некото-

рых системах одновременно открываются двери транспортного средства и станционной платформы.

Еще одним важным требованием при определении качества транспортного обслуживания является вопрос шума внутри транспортного средства и вне его, особенно на станциях. Во всех высокоразвитых странах нормам допускается только определенный уровень шума от отдельного транспортного средства. Максимальный шум определяется по разным критериям, например по скорости, состоянию пути и т. п.

Следующий показатель комфорта поездки в транспортном средстве — это плавность хода. При движении возникают колебания системы. Качественная езда определяется показателем качества хода, частотой и максимальной амплитудой колебаний, максимальным ускорением. Одновременно с этим показателем важной характеристикой качества перевозки пассажиров является отопление и вентиляция. Современный подвижной состав, особенно новый, имеет установки искусственного климата.

Вместе с перечисленными показателями важную роль играют те, которые не удается оценить физическими величинами. Это такие показатели, как, например, индивидуальность использования транспортного средства, возможность резервирования мест, размеры подвижного состава, места для сидения. Далее можно упомянуть возможность выбора, беспересадочность поездки, минимальное число пересадок, точность движения в соответствии с графиком, по указаниям диспетчера или информационного центра, число мест для сидения и стояния, места для багажа, безопасность при нарушении движения в результате вандализма, преступлений.

### **4.3. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НОВЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ В ГОТ**

За последние два десятилетия разработано несколько десятков новых транспортных систем. Некоторые из них, однако, работают только вне городов для решения междугородных перевозок.

Развитие индивидуального транспорта ухудшает транспортную ситуацию и окружающую среду во многих городах мира. Это обстоятельство привлекло ряд фирм США, Канады, Великобритании, Франции, ФРГ и Японии к поиску новых систем, которые решили бы эти проблемы.

Ситуация о возможном использовании транспортных средств в ЧСФР неблагоприятная. До сих пор нет генерального плана развития транспорта, генеральных схем развития городов, в которых предполагалась бы разработка десятков или сотен новых транспортных систем, до сих пор планируется дальнейшее развитие классических систем ГОТ. Будущее ГОТ основывается на модернизации и улучшении качества рельсовых систем (трамвай, скоростной трамвай, городской скоростной электрический транспорт, метро). Предполагается существенное увеличение доли электрической тяги в ГОТ и переход от автобусных перевозок к троллейбусному движению. Такой подход развития ГОТ означает улучшение состояния окружающей среды и экономию топлива, но является определенным замедлением развития ГОТ. Было бы лучше, чтобы в чехословацких городах применяли новые транспортные системы.

Главные аргументы в пользу необходимости последовательного внедрения новых транспортных систем в ГОТ следующие:

существенная часть новых систем основана на электрической тяге, менее шумная, без выбросов вредных веществ, с меньшим уровнем вибрации;

использование электрической тяги означает экономию жидкого топлива;

исследования во многих случаях подтвердили возможность повышения скорости и качества движения, а также безопасности пассажиров при использовании новых систем;

рассматриваемые системы фактически изолированы от существующей транспортной сети, а поэтому более безопасны;

современная техника управления обеспечивает более частое движение транспортных средств, чем достигается меньшая их перегрузка;

многие из этих транспортных систем по своим параметрам позволяют сооружать дороги без значительного влияния на застройку городов;

экономия энергии достигается тем, что путевая структура отделена от существующей транспортной сети, чем снижаются число остановок и задержки по сравнению с классическими системами;

автоматизация перевозок, механизация строительства обеспечивают экономию рабочей силы;

более высокая провозная способность достигается тем, что современные системы находятся на высоком уровне автоматизации;

капитальные вложения в путевую структуру ниже, чем в соответствующие сооружения для классических транспортных средств.

При решении вопросов развития новых транспортных систем необходимо учитывать следующие проблемы:

существенная часть новых систем все еще работает нерегулярно, только часть из них включена в транспортную систему города;

значительная часть запроектированных транспортных систем требует высокой точности движения;

автоматизация работы находится на высоком техническом уровне;

почти все системы требуют разделения путевых структур, означающего, что существующие пути непригодны для новых транспортных систем;

надземные транспортные системы будут оказывать влияние на градостроительный и архитектурный вид окружающего пространства;

во многих системах необходимо считаться с высокими требованиями надежности, обслуживания и безопасности.

## **5. ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ И ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ НОВЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ**

Новые транспортные системы находятся в центре интересов многих техников, конструкторов и исследователей не только в настоящее время. Уже в начале текущего столетия было испытано несколько десятков новых транспортных систем, которые были на техническом, конструктивном и транспортном уровне своего времени. Немногие из систем были в то время внедрены в эксплуатацию. И до сих пор их очень мало. Одна из них в настоящее время эксплуатируется в Дрездене. Подвижной состав подвешен к путевой конструкции и приводится в движение с помощью троса. Систему эксплуатируют исходя только из исторических и рекламных соображений.

Другой пример новой транспортной системы — дорога в Вуппертале. Она была сооружена в 1901 г. и с небольшими перерывами эксплуатируется до сих пор. Дорога большей частью расположена над рекой.

В этих и аналогичных транспортных системах не изучалась и не определялась экономическая и техническая целесообразность перевозок.

Некоторые новые крупногабаритные транспортные средства, запроектированные или сооруженные в 50-х годах, можно разделить на шесть групп [5]:



чисто подвесные монорельсовые (рис. 5.1);  
ложные подвесные монорельсовые (см. рис. 5.1);  
подвесные двухколейные (см. рис. 5.1);  
двухколейные опорные (рис. 5.2);  
чисто монорельсовые опорные (рис. 5.3);  
ложные монорельсовые опорные (см. рис. 5.3).

Ни в одной из запроектированных новых транспортных систем не предполагалось, что будут решены все проблемы городского транспорта. Однако ожидалось, что можно будет существенно помочь в устранении некоторых проблем [3]. В 50—60-х годах во многих городах предпринимались усилия по развитию надземных транспортных систем, однако ни одна из таких систем не работала так, чтобы можно было утверждать об их равноценности с классическими транспортными средствами.

#### **5.1. ЭКСПЛУАТАЦИЯ НОВЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ**

При решении вопроса о типе транспортного средства учитывается объем перевозок ИАТ и ГОТ. С ростом перевозок связана проблема качественного обслуживания. Экономические вопросы связаны со стоимостью поездки и видом тарифов. Немалую роль при решении этих вопросов играют государственные и городские субсидии, а также субсидии разных организаций. В некоторых случаях субсидии могут стимулировать определенные транспортные системы.

Важным показателем при решении вопроса о типе транспортной системы являются численность населения города или отдельных его кварталов, причем численность населения городов непрерывно растет, привлекая жителей деревень и малых населенных пунктов

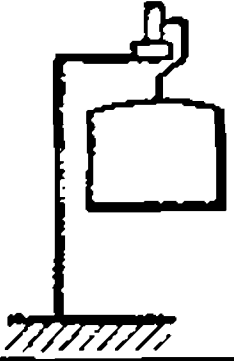
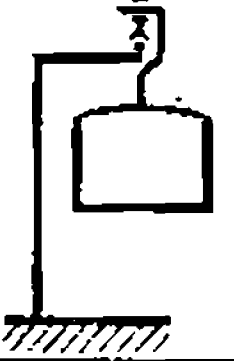
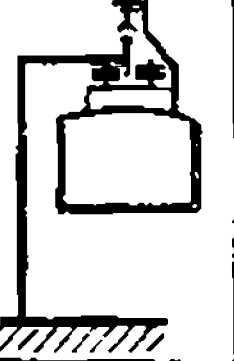
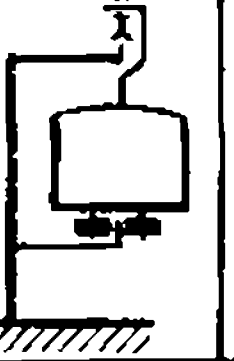
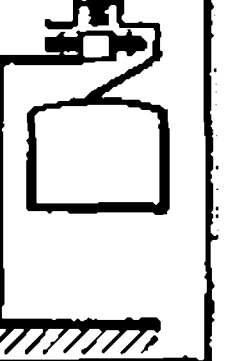
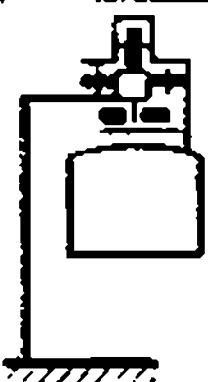
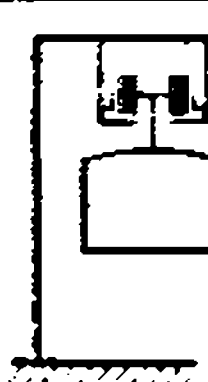
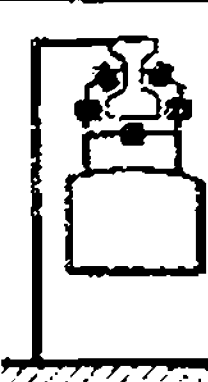
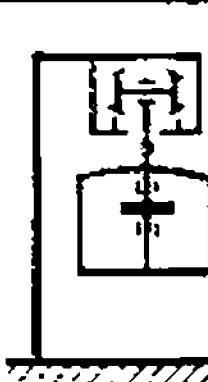
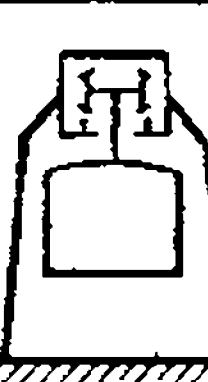
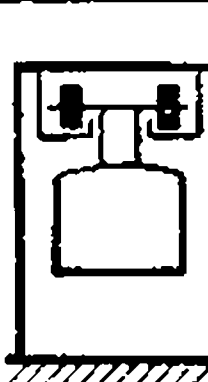
		Чисто одноколейные подвесные дороги		Ложные одноколейные подвесные дороги		
Материал проезжей части		Дерево	Сталь	Сталь		
Стабилизация кузова		Земное притяжение		Земное притяжение + направляющие колеса		Земное притяжение
Обода несущих колес		Деревянные	Стальные	Стальные		Пневма
Способ поперечного управления		Паз в опорной балке	Гребень бандажа несущего колеса	Гребень бандажа несущего колеса + направляющие колеса		Направляющие
Принципиальная схема дороги						
Название системы		Palmer	Longen	Engs	Benie	Nipon Sharye
Способ реализации	Проект для		Сизэтл			
	Экспериментальная дорога			Гринвиль (Нью-Джерси, 1887г.)	Глазго (1930г.)	
	Дорога в общественном пользовании	Хартфоршир (с 1823г.) Лондон и Брайтон (с 1835г.)	Бармен-Эльберфельд (Вупперталь, с 1901г.)	Сент-Пол (Миннесота, с 1887г.)		Токио (с 1957г.), США, СССР

Рис. 5.1. Истинные и ложные, одно- и

Двухколейные подвесные дороги					
	Сталь	Железобетон	Сталь		
Земное притяжение + направляющ. колеса	Земное притяжение + несущие колеса		Земное притяжение - гороскоп	Земное притяжение + несущие колеса	
Пневматические колеса	Пневматические		Стальные	Пневматические	
	Направляющие колеса		Гребень бандажа несущего колеса	Фланец рельса	
					
Skyway	Safage	Советская	Byro-Slide	Langen (первоначальная)	Davino
	Лондон	Москва-Внуково, Москва-Шереметьево, Москва-Кавказ, Темир-Тау (Караганда)-Магнитогорск	Сизтл		
Хьюстон (Техас, 1956 г.)	Орлеан (Франция)			Сан-Франциско (20-е г. XX в.)	
Даллас (Техас, с 1956 г.)					

двухколейные подвесные дороги

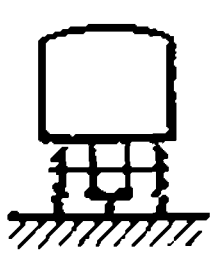
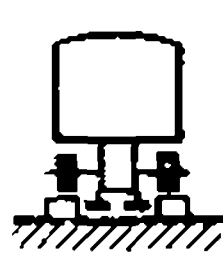
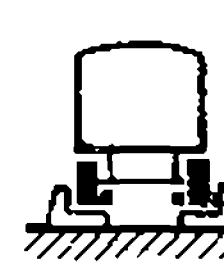
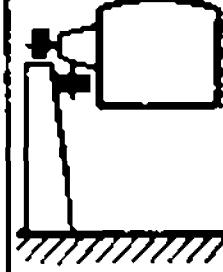
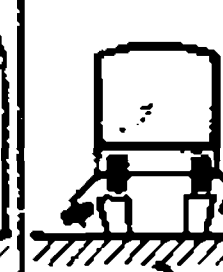
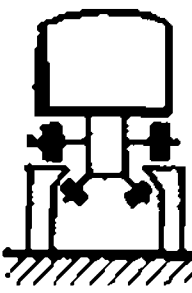
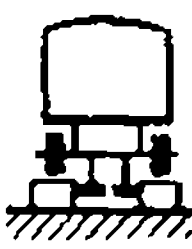
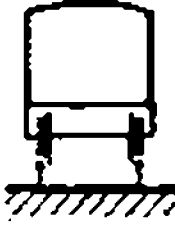
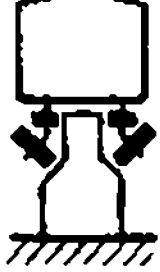
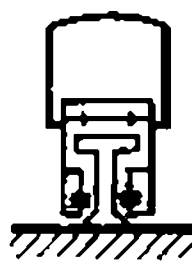
Материал проезжей части	Сталь	Железобетон	Дерево озоб (железобетон)	Железобетон	
Стабилизация кузова	Несущими колесами				
Бандажи несущих колес	Стальные	Резиновые			
Способ поперечного управления	Направляющие колеса				
Принципиальная схема дороги					
Наименование состава	Fell	Kollman	метро Парижа	Meurer	Родезийский
Способ реализации	Проект для		Лос-Анджелес		
	Экспериментальная дорога		Париж (1951 г.)		
	Дорога в общественном пользовании		Париж (1956 г.) Монреаль, всемирная выставка		

Рис. 5.2. Двухколейные

		Сталь	Сталь	
			Направляющими колесами	
Пневматические			Стальные	
		Гребни бандажей	Ведущие и опорные колеса	Гребни бандажей несущих и направляющих колес
				
Boicochea	Kuch	Michelin	Meige	Ženišek
	Милан			
	Нидерхейм (1956 г.) Милан (1959 г.)			
		Франция (1930 г.) Индокитай Африка Швейцария (1938 г.) США, Австрия (1932 г.) Аргентина (1935 г.) Скандин. страны Англия (1932 г.) Хайфа (1959 г.)	Вост. Кэمبرидж (1886 г.)	

опорные дороги

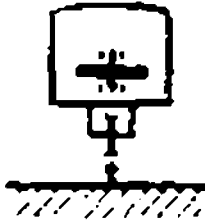
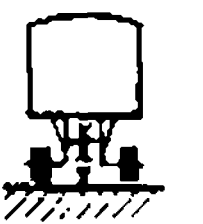
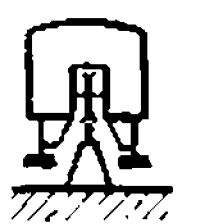
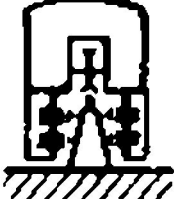
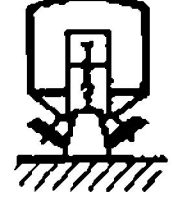

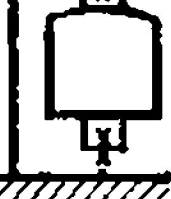
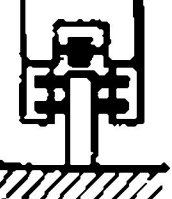
Чисто монорельсовые опорн. дороги		Ложно монорельсовые	
Материал проезжей части	Сталь		
Стабилизация кузова	Гироскопом	Несущими колесами	
Гребни несущих винтов	Стальные		
Способ поперечного управления	Гребнями несущих колес	Гребнями направляющих колес	Гребнями несущих направляющими
Принципиальная схема дороги			
Наименование состава	Brennan	Larmanjat	Lartique
Способ реализации	Проект для	Петроград-Пушкин (1921 г.)	
	Экспериментальная дорога	Джиминкен (1909 г.) Берлин (1909 г.) Бруклин (1910 г.)	
	Дорога для общественного пользования	Мюльхаузен (1869 г.)	Лондон (1866 г.) Сирия, Тунис (1869 г.) Лион (1872 г.) Филадельфия (1876 г.) Бредфорд-Гилмор (1878 г.) Листоуэл-Балибуньен (1887 г.) Панисье-Фер (1894 г.) Петроград-Гатчина (1900 г.) Строительная дорога Muir Roob (1949 г.)

Рис. 5.3. Монорельсовые

<i>опорные дороги</i>				
<i>Сталь</i>				<i>Железобетон</i>
<i>Направляющими колесами</i>				
<i>Стальные</i>				<i>Пневмати-ческие</i>
<i>колес + колесами</i>		<i>направляющими и несущими колесами</i>	<i>Гребнями несущих и направляющих колес</i>	<i>Направляющими колесами</i>
				
<i>Behr</i>	<i>Olivieri</i>	<i>Сохн</i>	<i>Коарнеу</i>	<i>Alweg</i>
<i>Ливерпуль-Манчестер, Токио</i>				<i>Лондон, Кельн, Дюссельдорф, Токио, Сан-Паулу</i>
<i>Брюссель (1897г.)</i>	<i>Подножие Везувия (1895г.)</i>	<i>Чикаго (1893г.)</i>		<i>Кельн (1957г.) Голливуд (1959г.) Сиэтл (1961г.) Турин (1961г.)</i>

опорные дороги



в крупные городские агломерации. С этим связано изменение структуры центральных районов города. Из этого вытекают дальнейшие изменения, которые можно охарактеризовать приростом площади, необходимой для обслуживания и для гражданского обеспечения, что означает расширение застройки соответствующего города по направлению к окраинам.

Новые черты развития городов взаимосвязаны и взаимодополняемы. Увеличение площади города и числа жителей в нём в настоящее время влечет за собой постепенное переселение из центральных районов города на окраины, в новые районы, в новые кварталы.

Развитие городов невозможно, однако, остановить. Города непрерывно растут на всех континентах Земли, и, по всей видимости, население городов будет увеличиваться и в дальнейшем.

Между отдельными районами образуются крупные потоки пассажиров, которые направляются главным образом к центрам промышленным или административным или же университетским городам. Опустение центров городов означает не только изменение жизни города, но и изменение структуры перевозок. Некоторые новые жилые поселения, особенно города, размещаются на малых площадях с малым числом жителей. Для таких жилых поселений целесообразнее новые транспортные системы.

При определении подходящего типа транспортной системы важную роль играет структура города, например число детей в семье, продолжительность жизни, сокращение продуктивного возраста, изменение пенсионного возраста. Изменение этой структуры играет важную роль при формулировании требований к транспортной системе.

Во многих странах в настоящее время предпочтение отдается общественному транспорту перед индивидуальным. Некоторые исследования в этой области показали, что ГОТ важнее и последовательнее развивается там, где широко развит индивидуальный транспорт. Взгляды на развитие ГОТ во многих городах в последнее время изменяются. Касается это главным образом вопросов разделения транспорта на служебный и рекреационный.

Следующей проблемой являются стоянки. В центральных районах города площадь улиц резервируется главным образом для хозяйственных целей и не может служить для стоянки личных автомобилей. В некоторых случаях соотношение между индивидуальным и общественным транспортом изменяется в пользу городского общественного транспорта, что в определенных районах города ограничивает движение индивидуальных автомобилей, с трудом находя парковочные места у владельцев индивидуального транспорта.

Правильное соотношение между индивидуальным и общественным городским транспортом определить трудно. Например, в Гамбурге существует концепция, согласно которой ГОТ в пределах города имеет преимущества перед индивидуальным, на границах центра города они равноценны, а на окраинах преимущества уже у индивидуального транспорта. Разделение систем ГОТ определяется в зависимости от потребностей в перевозках. Важную роль при перераспределении ГОТ, особенно в центральной части города, играет система *Park and Ride*. Стоянки здесь приурочены к станциям высокопроизводительных транспортных систем.

Распределение перевозок между индивидуальным и общественным городским транспортом в значитель-

ной степени зависит от привлекательности и качества соответствующих транспортных средств. Привлекательность зависит от денежных средств. Финансовые проблемы можно частично решить в ограниченном индивидуальном транспорте. С другой стороны, однако, всякий городской общественный транспорт должен обеспечить качество перевозок, соответствующее растущему уровню жизни. Это прежде всего соответствие возможностей перевозок потребностям в них, хорошая информация для пассажиров, простая тарифная система и обслуживание пассажиров, повышение маршрутных скоростей, хорошие удобства при посадке и ожидании ее при высадке.

Исполнение всех этих условий при единой транспортной системе требует значительных финансовых затрат. Эти требования можно выполнять постепенно. В первую очередь следует выполнять требования, которые наиболее часто предъявляют пассажиры.

Как уже отмечалось, эксплуатационные затраты на новые и классические транспортные средства на большинстве транспортных предприятий покрываются третьими лицами. Размер дотаций различен и находится в компетенции государства, города, населенного пункта и т. п. Эксплуатационные затраты должны быть максимально низкими, т. е. перевозки должны быть целесообразны и экономичны.

В настоящее время при выборе типа транспортного средства можно воспользоваться большим числом возможных вариантов транспортных систем, новых транспортных средств.

На конгрессе *UITP* в Хельсинки в 1979 г. отмечено, что в европейских странах новым транспортным средствам не придается большого значения в повышении качества перевозок. В то же время развитие

технологий в данной области зашло так далеко, что новые системы уже готовы к осуществлению.

Для того чтобы пассажир пользовался ГОТ так же, как телефоном или другим видом услуг в городе, необходимы более высокая стабильность общественного транспорта, современный подвижной состав и постоянная высокая информационная обеспеченность пассажиров. Это входит в задачи вычислительной техники, которая обеспечивает информационное обслуживание быстрее, лучше, точнее и проще.

С проблемой качества перевозок связана проблема обслуживания пассажиров, зависящая от тарифной системы и от маршрутной скорости. Повышение маршрутной скорости может быть достигнуто капитальными вложениями, а также организационными мерами. С улучшением качества обслуживания связаны удобства пассажиров, которые зависят от достаточного числа мест для сидения. Затем это проблемы ходовых качеств подвижного состава, удобств посадки и высадки. В этой области большинство транспортных средств достигло высокого уровня.

Большие успехи достигнуты в перевозках молодежи (специальный транспорт для школьников) и инвалидов (в специально оборудованных автобусах). Автобусы, предназначенные для таких перевозок, носят название *телебусов*.

## **5.2. ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ И ЭКСПЛУАТАЦИОННО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ**

Устойчивое снижение мировой добычи нефти вынуждает потребителей во всем мире эксплуатировать такие системы ГОТ, которые в наименьшей степени за-

висят от этого естественного источника энергии. Для тяги подвижного состава в ГОТ наиболее целесообразна электрическая энергия, которая в наилучшей степени выполняет требования охраны окружающей среды в городах. Это главным образом снижение выхлопа газов и шума, особенно в центральных районах.

Энергетические и экономические проблемы городского транспорта можно решить заменой двигателя внутреннего сгорания электрическим двигателем. Необходимо чтобы ГОТ в надлежащей мере выполнял требования перевозки пассажиров и постепенно вытеснял индивидуальный транспорт. В экономическом отношении следует заниматься снижением удельных затрат энергии. Повсеместно среди пользователей транспорта господствует точка зрения, что улучшение использования средств общественного транспорта сопровождается повышением энергозатрат на 1 место-км или 1 пассажиро-км.

В большинстве стран оказалось, что переход пассажиров с индивидуальных транспортных средств на общественный транспорт в период быстрого роста цен на нефть и повышения стоимости поездки индивидуальным транспортом оказался не настолько интенсивным, как это предполагалось, и не произошло ожидаемого перераспределения пассажиров с индивидуального транспорта на городской общественный.

Проблема увеличения числа пассажиров, пользующихся городским общественным транспортом, осложняется тем, что повышение цен на нефть вынудило транспортников в ГОТ обратиться к мерам экономии, основанным на изменении интервала движения и вместимости транспортных средств. Такие мероприятия со стороны транспортных организаций по-

влекли за собой снижение уровня транспортных услуг и привлекательности ГОТ.

Другие примеры убеждают транспортников в том, что необходимы транспортные средства, которые были бы экономичны в отношении энергозатрат. Со стороны транспортных предприятий это могут быть такие мероприятия, как изменение графика движения или повышение вместимости транспортных средств.

Большой экономии энергии при классических и новых транспортных средствах можно достичь совершенствованием конструкций подвижного состава, использованием легких металлических сплавов или полимерных материалов. К снижению затрат энергии приводит и новая современная система управления тяговыми двигателями посредством торможения с возвратом энергии в сеть или в аккумуляторы, размещенные на подвижном составе. Экономия энергии возможна и при использовании гибридных тяговых средств.

В проблеме экономии энергии при использовании новых транспортных средств много неясного. Поэтому нельзя однозначно ответить на вопрос, являются ли новые транспортные средства энергетически более или менее экономичными, чем классические транспортные средства.

Аргументы в пользу необходимости внедрения новых транспортных систем:

большинство таких систем работает на электрической тяге, что делает перевозки экологически более чистыми (с меньшим шумом, меньшими вибрациями, более низкой концентрацией вредных веществ);

при их использовании достигается экономия жидкого топлива;

повышая число перевезенных пассажиров, пере-

возки изолированы от других видов транспорта (повышается безопасность пассажиров и увеличивается скорость движения);

дороги можно включить в городскую застройку без больших затрат (особенно дороги с малопродуктивными транспортными средствами);

более низкие энергозатраты достигаются за счет того, что дороги изолированы, меньше остановок, торможений и разгонов;

автоматизация управления уменьшает потребность в трудовых ресурсах.

Новые транспортные средства обладают и недостатками:

в фактической работе новых транспортных систем мало, и это ограничивает число объективных примеров эксплуатационной и энергетической эффективности;

все современные транспортные системы имеют сложное автоматическое управление;

требуется высококвалифицированное обслуживание;

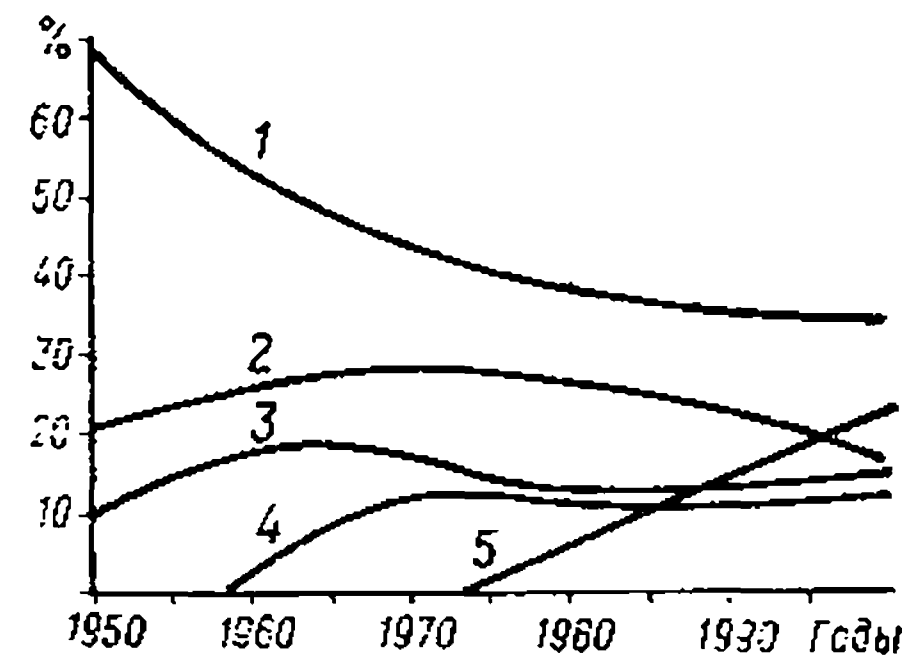
новые системы для автоматического управления должны иметь изолированные пути, вследствие чего существующие пути сообщения неприемлемы для других систем.

Но независимо от многих нерешенных энергетических и эксплуатационных проблем специалисты во многих высокоразвитых промышленных странах предполагают, что перевозки новыми транспортными средствами в ГОТ имеют перспективы. Это касается не только перевозки пассажиров, но и перевозки грузов в городах. В настоящее время во многих странах проводят эксперименты с новыми транспортными средствами для перевозки грузов. Например, в ФРГ ожида-



Рис. 5.4. Доля различных видов транспорта [16]:

1 — железнодорожный транспорт; 2 — речной транспорт; 3 — грузовой автомобильный транспорт; 4 — трубопроводный транспорт; 5 — современные виды транспорта



ется рост новых транспортных систем согласно графику на рис. 5.4. К. Девис на основе закона больших чисел прогнозирует тенденцию развития железнодорожного транспорта согласно рис. 5.5.

Проведенные испытания транспортных средств на магнитной подвеске и воздушной подушке имеют реально подтвержденную скорость до 500 км/ч. Нужно, однако, ответить на вопросы в области энергозатрат и экономической мощности по сравнению с классиче-

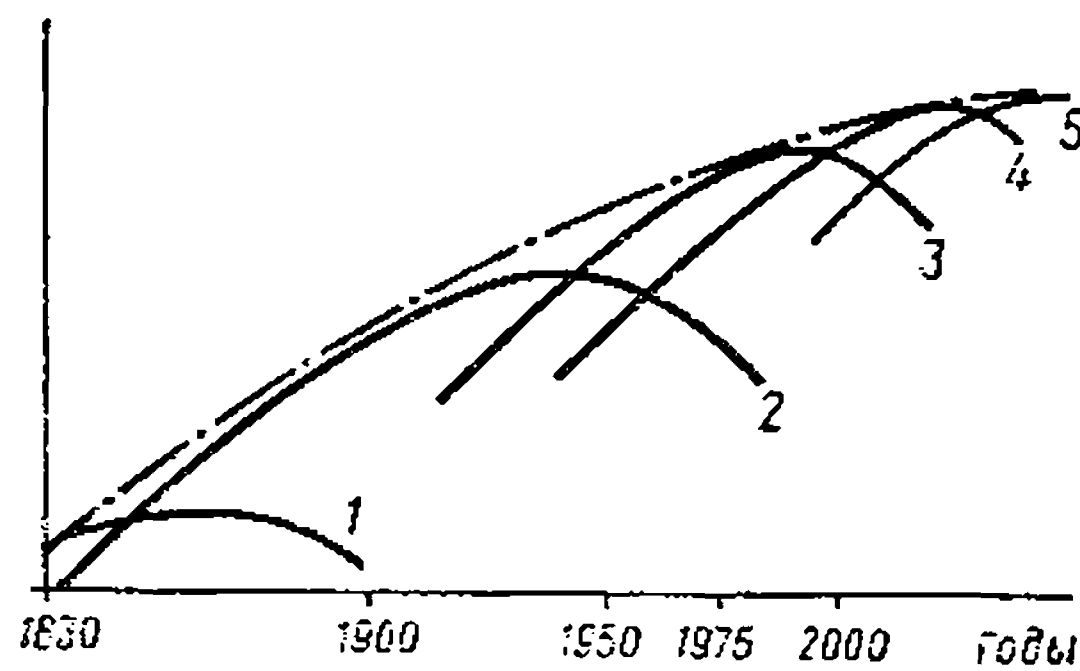


Рис. 5.5. Тенденции развития железнодорожного транспорта [16]:

1 — гужевой транспорт; 2 — паровая тяга; 3 — электрическая тяга; 4 — дизельная тяга; 5 — транспортные средства на воздушной и магнитной подушке

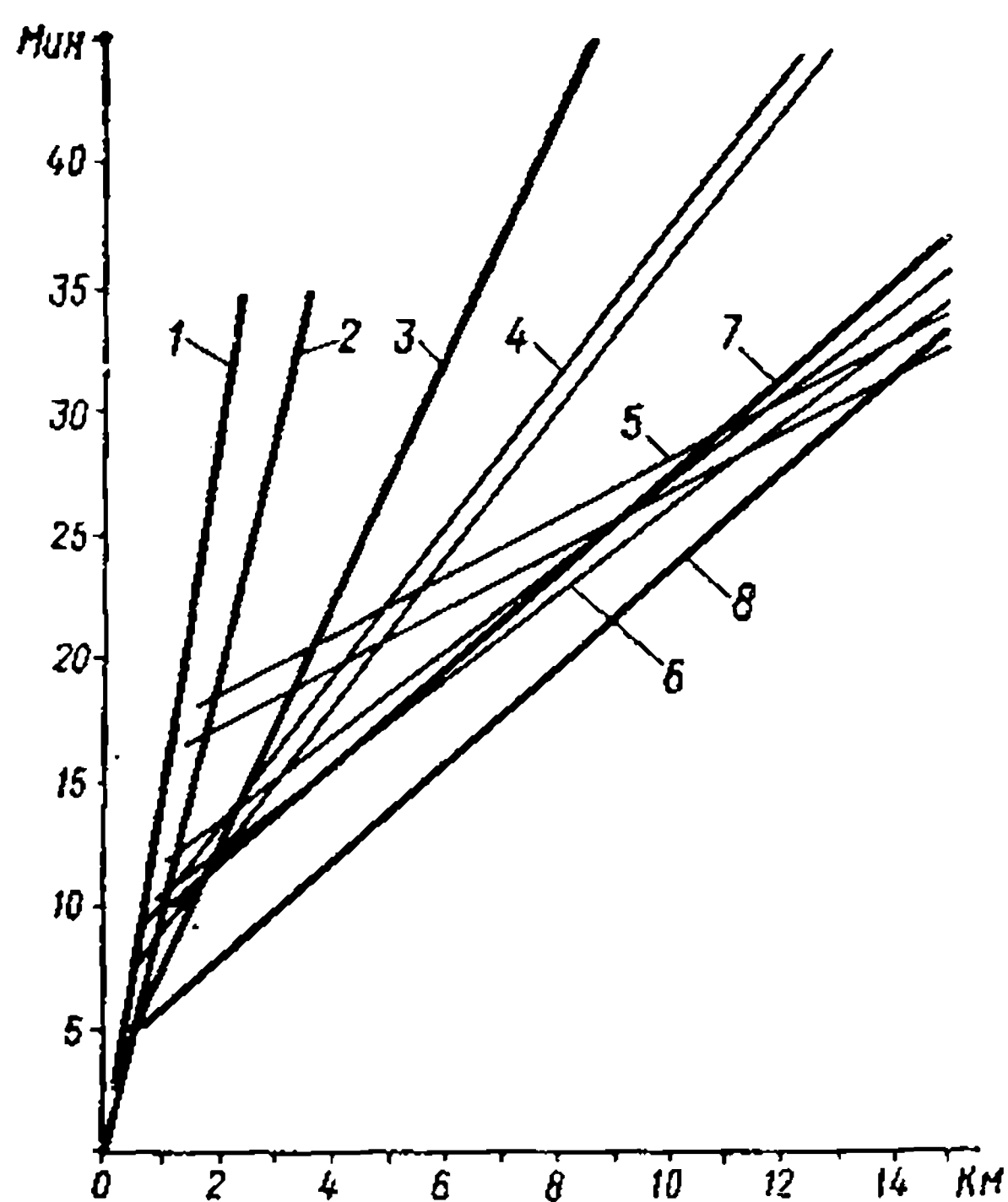


Рис. 5.6. Зависимость времени хода от дальности поездки [19]:  
 1 — пешая ходьба при скорости 4,3 км/ч; 2 — движущийся тротуар; 3 — скоростной движущийся тротуар; 4 — городской автобус; 5 — скоростной городской транспорт; 6 — метро; 7 — большие кабины; 8 — малые кабины

ским рельсовым транспортом. Это вопросы маршрутной скорости и потребной удельной мощности.

Сравнение городских транспортных средств очень любопытно и в отношении времени поездки на определенное расстояние. В нее входят время на проход к станции отправления и от станции назначения, время ожидания и время в пути. Соответствующие зависимости показаны на рис. 5.6.

В расчетах использовано уравнение

$$T_p = T_o + T_c + T_r = \frac{L_s}{2v_p} 0,06 + T_c + \frac{0,06}{v_r} L_r,$$

где  $T_p$  — сравниваемое время поездки, мин;  
 $T_o$  — время на подход к станции отправления, мин;  
 $T_c$  — время на ожидание поезда, мин;  
 $T_r$  — время в пути, мин;  
 $L_s$  — расстояние между станциями, м;  
 $v_p$  — скорость движения пассажира, км/ч;  
 $v$  — скорость движения транспортного средства, км/ч;  
 $L_r$  — дальность поездки, м.

Из графиков видно, что использование движущихся тротуаров эффективно на малые расстояния, малых кабии — для сокращения времени поездки в беспересадочном движении по транспортной сети с большим числом станций. Порожние кабины должны двигаться так, чтобы их ожидание было сведено до минимума. Использование больших кабии предполагает существенное сокращение времени по сравнению с классическими транспортными системами ГОТ. Графики построены на основе данных табл. 5.1.

Таблица 5.1

Транспортная система	Расстояние между станциями, м	Время ожидания, мин	Маршрутная скорость, км/ч
Движущийся тротуар	—	—	6,1
Скоростной движущийся тротуар	300	—	12,0
Малые кабины	500	—	30,0
Большие кабины	800	2	30,0
Городской автобус	500—700	2,5	20,0
Метро	900—1000	2,5	35,0
Скоростной городской транспорт	1400—1600	5,0	50,0

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Обзор транспортных систем новых типов и типов, называемых новыми транспортными системами, убеждает специалистов в области транспорта, особенно городского, что этим вопросом необходимо заниматься. Нужно иметь в виду, что непрерывно появляющиеся новые транспортные системы имеют реальные шансы использования при перевозках. В процессе развития транспорта важную роль играют и новые транспортные системы. Они влияют на новую технологию перевозок. Составной частью процессов обновления транспортных систем является внедрение новых и усовершенствование классических транспортных систем.

Новые, как и модернизированные, транспортные системы необходимо исследовать в разных аспектах. Одним из важных является требование исследовать, до какой степени повышать параметры подвижного состава или системы в целом, которые будут использованы в эксплуатационных условиях. Необходимо исследовать и сравнивать их полезность. Новые транспортные системы должны иметь, как правило, меньшую массу. Внедрение новых транспортных систем изменяет характер работы, меняется и должна меняться квалификация работников.

Новые транспортные системы должны обеспечивать экономию энергетических ресурсов, иметь такие тяговые системы, которые черпают энергию из местных источников. Одновременно они должны быть экологически эффективнее по сравнению с классическими транспортными системами.

Большинство новых транспортных систем имеет автоматические устройства, целью которых является снижение эксплуатационных затрат, повышение производительности, экономия рабочей силы и достижение высшей точности и наивысшего уровня контролируемости. Автоматический контроль и управление транспортными системами позволяют повысить уровень выполнения графика движения. Главная цель автоматизированных систем управления — это оказание помощи в решении сложных перевозочных вопросов.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. H a b a r d a, D.: Mestská hromadná doprava I., Tramvaje. Bratislava, 1966.
2. L u k a s i k, M.: Přehled nových druhů dopravních prostředků pro dopravu osob ve městech. In: Sborník základních referátů. Brno, 1976.
3. P e l a n t, I.: Nekonvenční dráhy. In: Železniční doprava a technika č. 7/1961.
4. H a b a r d a, D.: Cestná a městská doprava III., Niektoré nekonvenčné dopravné prostriedky. Bratislava, 1972.
5. K o l e k t í v: Nové soustavy kolejové dopravy. Zpráva VÚKV 092/61. Praha, 1961.
6. H e r e j k, P.: Možnosti využití nových zdrojů doprav pro přepravu osob ve městech. In: Zpravodaj pro silniční a městskou dopravu č. 3/1978.
7. H a m p l, J.: Perspektívy a problémy duobusu — polozávislé elektrické silniční trakce v MHD. In: Zpravodaj pro silniční a městskou dopravu č. 3/1978.
8. B a h k e, E.: Transportsysteme heute und morgen. Mainz, 1973.
9. ČSN 01 8500. Názvosloví v dopravě. Praha, 1969.
10. P e t r o v s k ý, A.: Dopravný slovník. Bratislava, 1969.
11. K o l e k t í v: Vergleichende Untersuchungen über bestehende und künftige Nahverkehrstechniken. Hamburg, 1974.

12. Chudý, Z. Nekonvenční městské dopravní prostředky příštího desetiletí. Praha, 1974.
13. Kolektiv: Výskum dopravní způsobilosti nových systémů městské dopravy a ochoty veřejnosti je přijmout. In: Výběr ze zahraničního odborného tisku. č. 3, 4/1975.
14. Kolektiv: Veřejná doprava a uživatel (MHD). In: Výběr ze zahraničního odborného tisku č. 3, 4/1975.
15. Kolektiv: Hodnocení nových systémů městské hromadné dopravy. In: Výběr ze zahraničního odborného tisku č. 3, 4/1975.
16. Bahke, E.: Neue Transportsysteme und ihre Technologien. Karlsruhe, 1978.
17. Dettmering, W.: Der Nahverkehr — Probleme und Lösungssansätze. Essen, 1976.
18. Weigelt, H. - Götz, R. - Weiss, H.: Stadtverkehr der Zukunft, Neue Verkehrsmittel drängen nach vorn. Düsseldorf, 1973.
19. Grabe, W. - Pelz, H.: Neue Verkehrssysteme im Personennahverkehr. Hannover, 1973.
20. Becker, K.: Kabinentaxi: ein neuer Weg für einen besseren Verkehr in unseren Städten. In: Nahverkehrs-Praxis 7/1973.
21. Strádalová, M. - Vorel, V.: Moderní formy dopravy. Praha, 1974.
22. Strobel, H.: Über den Beitrag der Prozessteurungs- und Regelungstechnik zur Entwicklung neuerartiger Lösungen für den Nahverkehr. Dresden, 1978.
23. Lukášik, M.: Převážné vztahy v dopravě osob mezi sídlištěm v souvislosti se změnami sídelní struktury. Praha, 1974.
24. Kolektiv: Nové soustavy kolejové dopravy. Praha, 1961.
25. Kolektiv: Leitbahn und Dual-Bus. Düsseldorf, 1972.
26. Kolektiv: Informace o 6. zasedání Stálé pracovní skupiny urbanizmu a územního plánování. In: Územní plánování a urbanizmus č. 3/1974.

27. J a m p o l s k i j, S.-C h i l j u k, F.-L i s i c k i n, V.: Problémy vedeckotechnickej prognostiky. Bratislava, 1971.
28. B e s t u ž e v, P.-L a d a, I.: Od utópie k marxistickému chápaniu. Pravda na nedel'u 10.6. 1983.
29. K o l e k t i v: Zprávy, závery a doporučení prijaté na seminári o úloze dopravy v územním plánovaní, rozvoji a ochrane životního prostredí. Praha, 1973.
30. K o l e k t i v: Prognóza rozvoja dopravy do roku 1990. FMTIR 1974.
31. H a b a r d a, D.: Mestská hromadná doprava. Bratislava, 1984.
32. K r e t t e k, O.: Rollen, schweben, gleiten. Unkonventionelle Verkehrsmittel. Gestern — heute — morgen im spurgebundenen Verkehr. Düsseldorf, 1975.
33. K o l e k t i v: Planen für die menschliche Stadt. Die Rolle des Automobils. In: Schrifreihe des Verbandes der Automobilindustrie Nr. 15.
34. H e n n i g, B.: Durchführbarkeitsstudie C-Bahn Hamburg. Hamburg, 1977.
35. R ö s g e n, H.: Einsatz eines Kabinenbahnsystems in Berlin — Planungseinsatzstudie. Hamburg, 1976.
36. S c h r e i b e r, K.: Kurzfassung im Auftrage der Verwaltung der Stadt Marl, Durchführbarkeitsstudie Cabinentaxi—System im Marl. Berlin, Hamburg, 1978.
37. J i r á s e k, J.: Ciel'ove programovaný prístup ku stratégii spoločenského rozvoja. In: Moderní řízení č. 8/1983.
38. V í t e k, M.: Prognostika a jej terminológia. In: Moderní řízení č. 8, 1983.
39. B e z o u š k a, J.-V y t l a č i l, P.-W a l t e r, O.: Matematické modely poptávky. Praha, 1967.
40. K o m á r e k, V.: Hospodárske a vedecké prognózy. Praha, 1977.
41. H a b r, J.: Prognostické modelování v hospodárskej praxi. Praha, 1976.



42. Barginovskij, K.: Modely a metody ekonomickéj kybernetiky. Bratislava, 1973.
43. Sulc, O.: Abeceda prognostiky. Praha, 1976.
44. Meyer, H.: Perspektivní úloha veřejné dopravy. Praha, 1981.
45. Kozak, J.-Seger, I.: Jednoduché statistické metody v prognostice. Praha, 1975.
46. Waschin, H.: Grundlagen für die Planung von H-Bahnnetzen. In: Verkehr und Technik, c. 10 a 11. 1978.
47. Gal, F.-Alan, J.: Budúcnosť vo svetle prognostiky, alebo čo vieme a čo nevieme o budúcnosti. Bratislava, 1983.
48. Kolektiv: Systémový přístup k prognózování. Praha, 1982.
49. Bauer, H.: A Case Study of Demand Responsive Transportation System. In: General Motors Research Publication GMR. — 1034, 1970.
50. Hampel, J.: Alternativní koncepce energeticky úsporného městského busu. Praha, 1979.
51. Jampolskij, S. - Lisickin, V.: Prognózování vědeckotechnického rozvoje. Praha, 1979.
52. Cibulka, J.: Stanovení výhledové koncepce nových (nekonvenčních) dopravních prostředků MHD. Praha 1983.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

<i>Предисловие научного редактора</i>	5
<i>От автора</i>	7
<i>1. Информация о новых транспортных системах в городском общественном транспорте</i>	9
1.1 Введение	9
1.2 Новые транспортные системы — определение понятий	12
1.3 Требования к новой транспортной системе	14
1.4 Замечания к развитию новых транспортных систем	18
<i>2. Технические проблемы новых транспортных систем в городском общественном транспорте</i>	22
2.1 Характерные признаки новых транспортных систем	22
2.2 Направления разработки новых и классических транспортных систем	23
2.3 Элементы новых транспортных систем	38
<i>3. Новые транспортные системы для городского общественного транспорта</i>	64
3.1 Малые кабинные системы	64
3.2 Большие кабинные системы	96
3.3 Автобусы по заявкам	123
3.4 Автобусы на комбинированном ходу	141
3.5 Транспортные системы непрерывного действия	167
	215

4. Критерии оценки классических и новых транспортных систем	183
4.1 Вопросы скорости	183
4.2 Эксплуатационные требования	187
4.3. Использование новых транспортных систем в ГОТ	189
5. Эксплуатационные и энергетические проблемы новых транспортных систем	192
5.1 Эксплуатация новых транспортных систем	193
5.2 Энергетические и эксплуатационно-экономические вопросы	203
Заключение	210
Список литературы	211

*Производственное издание*

ГАБАРДА ДУШАН

**Новые транспортные системы  
в городском общественном транспорте**

Обложка художника *Н. В. Кондрашова*  
Технический редактор *Т. В. Демидова*  
Корректор-вычитчик *Л. В. Ананьева*  
Корректор *В. Я. Кинареевская*  
ИБ № 4422

---

Сдано в набор 13.11.89. Подписано в печать 23.08.90. Формат 70×108<sup>1/32</sup>.  
Бум. офс. № 1. Гарнитура литературная. Высокая печать. Усл. печ. л.  
9,45 Усл. кр.-отт. 9,81. Уч.-изд. л. 8,74. Тираж 3000 экз. Заказ № 3740.  
Цена 60 коп. Изд. № 2-3-1/2 № 5357.  
Ордена «Знак Почета» издательство «ТРАНСПОРТ»,  
103064, Москва, Басманный туп., 6а

---

Ордена Трудового Красного Знамени тип. изд-ва  
Куйбышевского обкома КПСС  
443086 ГСП, г. Куйбышев, пр. Карла Маркса, 201.

8\*





## **НОВЫЕ ТРАНСПОРТНЫЕ СИСТЕМЫ В ГОРОДСКОМ ОБЩЕСТВЕННОМ ТРАНСПОРТЕ**

**rutracker.org**  
новое имя для torrents.ru

---

Книга предлагает читателю основополагающие сведения о новых системах городского общественного транспорта, которые функционируют или испытываются во многих развитых странах мира.

Автор не только подчеркивает потребность поиска новых, более производительных систем, но и акцентирует внимание на неизбежности устранения отрицательных воздействий транспорта на окружающую среду в крупных агломерациях.

---

**60 коп.**