

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ  
Белорусский национальный технический университет

---

Кафедра «Автомобильные дороги»

# АВТОМОБИЛЬНЫЕ ДОРОГИ

Пособие

для студентов специальности 7-07-0732-03  
«Строительство транспортных коммуникаций»  
профилизации «Автомобильные дороги»

*Рекомендовано учебно-методическим объединением  
высших учебных заведений Республики Беларусь по образованию  
в области строительства и архитектуры*

Минск  
БНТУ  
2024

УДК 625.7/.8(075.8)

ББК 39.311я7

A22

**С о с т а в и т е л и:**

*С. Е. Кравченко, Е. М. Жуковский, Е. П. Ходан,  
Ж. В. Реут, С. Н. Соболевская, Н. И. Шишко*

**Р е ц е н з е н т ы:**

кафедра «Проектирование, строительство и эксплуатация транспортных объектов» УО «Белорусский государственный университет транспорта» (зав. кафедрой, канд. техн. наук, доцент *П. В. Ковтун*);  
главный инженер СЗАО «Асфальтобетонный завод»,  
канд. техн. наук, доцент *С. С. Будниченко*

**Автомобильные** дороги : пособие для студентов специальности  
A22 7-07-0732-03 «Строительство транспортных коммуникаций» профи-  
лизации «Автомобильные дороги» / сост. : С. Е. Кравченко [и др.]. –  
Минск : БНТУ, 2024. – 177 с.  
ISBN 978-985-583-957-7.

В издании приведена история развития дорожного хозяйства республики, информация об основных дорожно-строительных работах, а именно: проектировании, строительстве, реконструкции, ремонтах и содержании дорог и применяемых для этой деятельности дорожно-строительных машинах и материалах.

Издание предназначено для студентов специальности 7-07-0732-03 «Строительство транспортных коммуникаций» профилизации «Автомобильные дороги» и учащихся инженерных классов.

**УДК 625.7/.8(075.8)**

**ББК 39.311я7**

**ISBN 978-985-583-957-7**

© Белорусский национальный  
технический университет, 2024

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	4
1. Роль автомобильных дорог в мировой и национальной экономике.....	7
2. Возникновение и развитие дорог в Беларуси.....	17
3. Автомобильные дороги Республики Беларусь .....	31
4. Становление белорусского дорожного образования и науки.....	48
5. Изыскания и проектирование дорог .....	81
6. Дорожно-строительные материалы .....	109
7. Строительство и эксплуатация автомобильных дорог.....	137
Термины и определения.....	167
ЛИТЕРАТУРА .....	174

## ВВЕДЕНИЕ

Президент Республики Беларусь Александр Лукашенко в своем ежегодном Послании к белорусскому народу и Национальному собранию Республики Беларусь в марте 2023 года заявил: «Одна из архиважных задач – сохранить набранный темп развития инженерно-транспортной инфраструктуры. Объемы дорожного строительства, ввода жилья, благоустройство населенных пунктов – залог комфортного проживания в регионах».

Так, в 2000 году в Республике Беларусь насчитывалось 74,4 тыс. км автомобильных дорог общего пользования, из которых 66,2 тыс. км имели твердое покрытие. Уже к 2022 году общая протяженность сети автомобильных дорог общего пользования увеличилась на 40 % и составила 103,4 тыс. км, из них с твердым покрытием – 90,1 тыс. км.

Развитие дорожной сети Республики Беларусь осуществляется в рамках государственной программы «Дороги Беларуси» на 2021–2025 гг. Целью данной программы является улучшение транспортно-эксплуатационного состояния автомобильных дорог общего пользования на основе роста привлечения инвестиций в транспортную инфраструктуру для удовлетворения потребностей экономики и общества в транспортных связях.

Государственная программа включает подпрограмму 1 «Республиканские автомобильные дороги» и подпрограмму 2 «Местные автомобильные дороги».

Задачами Государственной программы являются:

- улучшение транспортно-эксплуатационного состояния местных и республиканских автомобильных дорог;
- повышение качественных показателей республиканских автомобильных дорог.

Выполнение данных задач осуществляется путем текущего и капитального ремонта, возведения и реконструкции дорог. Причем отдельные участки нового строительства возможны, как правило, в местах обходов населенных пунктов.

Одним из ключевых аспектов решения задач Государственной программы «Дороги Беларуси» является то, что они будут способствовать достижению Республикой Беларусь Целей устойчивого развития, содержащихся в резолюции Генеральной Ассамблеи Организации Объединенных Наций от 25 сентября 2015 г. № 70/1

«Преобразование нашего мира: повестка дня в области устойчивого развития на период до 2030 года».

Одной из ключевых задач на сегодняшний момент является создание устойчивых отраслей национальной экономики как составных частей развития государства. Одной из главных отраслей национальной экономики является дорожное строительство, поскольку оно обеспечивает связи между субъектами национальной и мировой экономики и в целом влияет на экономическое развитие. Дорожное строительство может стать импульсом для устойчивого развития как отдельных отраслей, так и государств и регионов в целом.

Поэтому сегодня особо остро стоит задача разработки и внедрения в дорожную практику методов и технологий, отвечающих всем принципам устойчивого дорожного строительства, при котором необходимо обеспечить ответственное потребление, рациональное природопользование, снижение затрат на возведение и реконструкцию дорог, затрат на их содержание и эксплуатацию, либо снижение общих затрат на протяжении всего жизненного цикла автомобильной дороги с обязательным достижением ее высоких эксплуатационных показателей.

Транспортный комплекс играет важнейшую роль в мировой и национальной экономике. Он связывает различные отрасли между собой, позволяет перераспределять ресурсы между ними для поддержания непрерывного производственного процесса, а также соединяет конечного потребителя с производителем.

Транспортный комплекс включает в себя различные виды транспортных коммуникаций и инфраструктуры. Так, выделяют водный, воздушный, железнодорожный и трубопроводный транспорт. Однако данные виды транспорта не могут существовать автономно и удовлетворять спрос всех потребителей. Поэтому ключевым транспортом является автомобильный транспорт, который служит не только целям перевозки грузов или пассажиров по заданным маршрутам, но и соединяет остальные виды транспорта между собой или с конечными потребителями, когда какая-либо другая связь невозможна или неэффективна. Например, сеть автомобильных дорог связывает предприятия с железнодорожной станцией, когда устройство подъездных путей невозможно или нецелесообразно, или аэропорт не может существовать автономно, связь с ним обеспечивает автомобильная и железная дорога. Кроме того, автомобильный транспорт

широко используется для содержания и обслуживания всех остальных видов транспорта.

Ключевыми отличительными особенностями транспорта от остальных отраслей народного хозяйства являются линейность и протяженность. Так, транспортные сооружения имеют большую протяженность и находятся в разных погодно-климатических, геолого-гидрологических и природных условиях. Например, газопровод «Уренгой–Помары–Ужгород» имеет протяженность свыше 4000 км и проходит от зоны субарктического климата до умеренно континентального, Транссибирская магистраль протяженностью свыше 8000 км проходит по особо ценным природным территориям, а автомобильная дорога Е95 начинается в российском Санкт-Петербурге, а заканчивается в турецком Мерзифоне.

Василий Звонков, видный ученый в области транспорта, писал: «Транспорт – главный нерв экономической жизни страны». Сегодня транспорт не потерял этой функции.

Таким образом, на сегодняшний день одной из главнейших отраслей экономики является автодорожный транспорт, поскольку он обеспечивает связи между субъектами экономики и влияет на экономическое развитие.

Без автодорожного транспорта, который включает в себя как автомобили, так и дорожную инфраструктуру, интеграция ни в каком виде не возможна.

Данное пособие предназначено для учащихся старших классов, выбирающих свой путь в жизни, для студентов первого курса, начинающих изучать дорожное дело, а также для всех, кому интересна эта тема.

## 1. РОЛЬ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ В МИРОВОЙ И НАЦИОНАЛЬНОЙ ЭКОНОМИКЕ

Современная мировая транспортная система как отрасль сферы услуг, осуществляющая перевозку грузов и пассажиров, сформировалась в XX в. Транспортная система включает инфраструктуру (автомобильные и железные дороги, каналы, трубопроводы), терминалы (железнодорожные и автобусные станции, аэропорты, морские и речные порты), средства передвижения. Транспорт обеспечивает хозяйственные взаимосвязи между территориями.

На глобальном уровне степень развития транспортной инфраструктуры соответствует степени концентрации производства и населения и особенностям специализации территорий.

Развитие транспорта само по себе влияет на прилегающую территорию, придавая ей особые импульсы ускоренного развития. Территории, обеспеченные транспортной инфраструктурой, приобретают повышенную привлекательность для многих видов человеческой деятельности. Так, крупнейшие транспортные узлы международного значения (морские и речные порты, аэропорты) притягивают промышленность, ориентированную на импортное сырье и на экспорт готовой продукции, концентрируют предприятия обрабатывающей промышленности, капиталы банков, товарно-сырьевые биржи.

Прогресс в средствах и путях сообщения (увеличение тоннажа океанских судов, их скорости, контейнерные перевозки, механизация погрузки и разгрузки) способствовал росту мировой торговли и вовлечению в хозяйственный оборот новых видов ресурсов.

Если несколько веков назад важнейшими международными грузами были дорогостоящие товары небольшого веса и объема (драгоценности, специи, ткани, соль), то с развитием международного разделения труда, средств и путей сообщений мировая торговля приобрела глобальный характер и в торговый обмен стали вовлекаться массовые грузы и сырье.

*Грузовой транспорт.* В грузовых перевозках в начале XXI в. лидирует морской транспорт, на его долю приходится 2/3 перевезенных грузов. Морской транспорт, как самый дешевый, связывает главные районы производства товаров, разделенные океанами: Европа – Америка – Япония и Китай. Доля железнодорожного внутриконтинентального транспорта в мировом грузообороте за

последние 50 лет сократилась почти в 2 раза (до 15 %), растет доля трубопроводного транспорта. Во внутриконтинентальных перевозках преобладает автомобильный транспорт.

Для всех видов транспорта характерно снижение транспортных издержек на единицу товара (они включают затраты перевозчика, страхование груза и плату за транзит). Развитие транспорта способствовало росту объемов мировой торговли и повлияло на ее географическую и товарную структуру. Так, появление супертанкеров, способных перевозить до 500 тыс. т нефти, снизило приоритет каналов мирового значения – Суэцкого и Панамского: танкеры «не помешаются» в узкое русло каналов и основные нефтеперевозки идут через юг Африки – мыс Доброй Надежды. Тем не менее, для Египта и Панамы оплата за провоз грузов через каналы – важнейшая часть поступлений в бюджет.

Развитие системы контейнерных перевозок, механизация погрузочно-разгрузочных работ способствовали снижению издержек на перевозки морским транспортом. Эффективность работы транспорта во многом зависит от организации работы инфраструктуры портов – перегрузка и складирование товаров, ремонт судов и их снабжение топливом, водой.

Доля затрат на транспорт в стоимости товаров различается между регионами и странами мира и зависит, в первую очередь, от их географического положения. Стоимость транспортных услуг для стран, не имеющих выхода к морю, существенно выше. Кроме того, очевидно, что транспортные издержки на единицу товара гораздо больше для продукции добывающих отраслей, сельскохозяйственной продукции, требующих особых условий перевозки, чем для дорогих промышленных товаров.

Географическое положение крупнейших грузовых портов мира отражает распределение экономической мощи стран и их участие в международном разделении труда.

Важнейшая тенденция в развитии мирового грузового транспорта – формирование контейнерной системы, которая обеспечивает перевозку около 40 % генеральных грузов, и создание транспортных коридоров, объединяющих несколько видов транспорта для перевозок грузов через территорию нескольких стран. Так, в Европе намечено создать девять таких коридоров; один пройдет



через Беларусь: Берлин – Варшава – Минск – Москва – Нижний Новгород – Екатеринбург.

Крупнейшими контейнерными морскими портами мира являются Сингапур, Сянган и Шанхай. За последние годы в число крупнейших контейнерных портов мира вошли порты динамично развивающихся стран Азии, в первую очередь, Китая. Европейские порты, хотя и увеличили грузооборот, в рейтинге сместились на 7–8 место.

Новая тенденция в развитии мировых грузоперевозок – это широкое распространение грузовых авиаперевозок. Этим видом транспорта стали перевозиться товары, чувствительные ко времени доставки – скоропортящиеся продукты (например, клубника из ЮАР в Лондон, свежая рыба для японских ресторанов в Париж), срезанные цветы, электроника, детали и узлы машин. Авиаперевозки активно используются ТНК для внутрифирменных поставок грузов между подразделениями компаний.

*Пассажирский транспорт.* Глобализация мировой экономики, углубление внешнеторговых, туристских, научных и культурных связей привели к резкому росту подвижности населения.

Важнейший показатель развития пассажирского транспорта – пассажирооборот (пассажиры-километры). Региональные различия по этому показателю весьма существенны: максимальный показатель в Северной Америке – 12,7 тыс. и Западной Европе – 8,2 тыс.

Основная часть пассажирооборота приходится на автомобильный транспорт (80 %), на железнодорожный и авиационный – 10 %.

*Роль транспортной системы в мировом масштабе.* Транспорт относится к коммуникационной системе. На ранних этапах развития общества он включал в себя все обменные процессы, а затем стал специализироваться на перемещении материальных объектов. В настоящее время его функция заключается в соединении производственных ресурсов в процессе воспроизводства и обеспечении их доступа на рынок. Иными словами, транспорт соединяет время и пространство, разделяющие производителей, покупателей и продавцов. В экономическом плане он ослабляет временной и пространственный разрыв между производством и потреблением.

Транспорт выступает одним из главных факторов, влияющих на размещение производительных сил. Являясь частью процесса производства, он обеспечивает эффективность использования производственных ресурсов. Но это возможно только, если цены на

транспортные услуги делают выгодным перемещение товаров и услуг. Разделение труда реализуется в том случае, если это позволяет снизить стоимость перемещения товаров, услуг и рабочей силы. Фрахтовые ставки и относительные цены на различные товары выступают важным условием использования ресурсов.

Несомненна роль транспорта в обеспечении экономического роста. Увеличение производства продукции зависит от роста выпуска и специализации, что требует больше сырья, больших размеров рынка и большего объема транспортной работы. Поэтому транспорт выступает чутким барометром национальных и мирового хозяйств. В то же время, являясь крупным потребителем транспортных средств и строительных материалов, он во многом определяет загрузку производственных мощностей, заметно влияет на формирование ВВП.

*Общая характеристика.* Доля транспорта в ВВП большинства стран колеблется в пределах 4–9 %, а в занятости – 3–8 %. Эти данные не включают индивидуальный и внутрифирменный транспорт, который увеличивает приоритет транспортных услуг в экономике, особенно в случае значительного неформального сектора. Как правило, доля ВВП понижается по мере увеличения национального дохода. Наиболее высока она в странах Азии и затем Латинской Америки и Африки. Занятость на транспорте в 80-е годы увеличилась в основном в странах мировой периферии.

При современных масштабах производства объем продукции в среднем на одного жителя достигает в развитых странах 20–25 т, а в целом по всему миру – около 10 т в год. В то же время каждая тонна общественной продукции суммарно в сфере производства, не считая технологических перевозок внутри предприятия, и в сфере обращения в среднем требует 860 т/км работы транспорта, включая международные морские перевозки, и более 550 т/км – без их учета.

Различна роль транспорта в подсистемах мирового хозяйства при осуществлении внешнеторговых связей. Ее показателем выступает транспортная составляющая, которая представляет собой отношение фрахта к стоимости экспортируемых/импортируемых товаров. Транспортная составляющая активно влияет на международную специализацию и кооперирование производства. В том случае, когда величина дополнительных транспортных расходов превышает выгоды, получаемые от международной специализации и кооперирования производства, последнее становится неэффективным.

Транспортные расходы составляют заметную величину по отношению к объему международных поставок. В развитых капиталистических странах фрахт достигает примерно 5 % стоимости импорта, в развивающихся – до 10 %, а в восточноевропейских – свыше 10 %. Отмеченные соотношения объясняются прежде всего различной динамикой мировых экспортных цен и тарифов на транспортные услуги, а также относительно высоким удельным весом транспортной составляющей в ценах на сырье и относительно низким – на готовые изделия.

*Структура перевозок.* Развитие мирового транспорта характеризуется ростом путей сообщения, грузовых и пассажирских перевозок. Рост перевозок опережает рост путей сообщения. На примере США можно сказать, что по мере экономического развития динамика грузооборота уменьшается, а пассажирооборота растет. Так, за 1940–1985 гг. ВВП увеличился в 4,9 раза, межгородской грузооборот – в 3,9, а межгородской пассажирооборот – в 5,6 раза.

По количеству (весу) перевозимых грузов среди всех видов транспорта на первом месте находится автомобильный, далее следует железнодорожный, морской, трубопроводный, внутренний водный и авиационный транспорт. Быстрый рост грузовых перевозок автомобильным транспортом приводит к сокращению других видов транспорта, особенно железнодорожного и внутреннего водного. Это объясняется многими причинами, в том числе меньшей плотностью их сети, их неспособностью без перегрузки обеспечить доставку товара от «двери к двери». Процессы концентрации промышленного производства до 60-х годов способствовали интеграции железных дорог и внутренних водных путей. Фрагментация производства, диверсификация спроса и увеличение номенклатуры изделий приводят к возрастанию роли автомобильного транспорта. Железнодорожный транспорт зависит от перевозок насыпных и массовых грузов. В США на их долю приходится 80 % железнодорожных перевозок, при этом каменный уголь и сельскохозяйственные продукты составляют 38 и 12 %.

Интенсивное развитие магистрального и местного транспорта привело к многовидовой транспортной структуре и взаимодействию между отдельными видами транспорта. В огромной степени это достигается организацией контейнерных перевозок. Товары, загруженные в контейнеры, перевозятся прямо от отправителя к получа-

тельно без промежуточных складских операций, даже если на разных этапах перевозки осуществляются различными видами транспорта. Одновременно использование контейнерных перевозок позволило значительно повысить эффективность использования транспорта, резко поднять производительность труда.

Процесс контейнеризации и внедрение прогрессивных транспортных технологий привели к смешанным международным перевозкам (интермодальным, многомодальным или комбинированным). Были созданы интегрированные транспортные системы с участием различных видов транспорта, работа которых строго координирована и взаимосвязана. Смешанные перевозки получили огромное развитие, о чем можно судить по объему морских контейнерных перевозок. В 80-е годы они росли в среднем более чем на 9 % в год.

Смешанные перевозки подтолкнули транспортные компании к преодолению их сегментной разобщенности и способствовали процессу вертикальной интеграции всей транспортной индустрии. Наряду с другими причинами они привели к образованию многовидовых или общих, тотальных, транспортных компаний, которые распространяют свои услуги не только на перевозку, но и на многие сопутствующие операции. Эти компании действуют теперь на расширенной географической основе, начиная с региональной и кончая глобальной. В середине 80-х годов тайваньская «Инвергрин лайн» и американская «Юнайтед Стейтс лайнз» приступили к общемировым контейнерным перевозкам.

*Современные направления развития мировой транспортной инфраструктуры.* В последнее время после успешного развития мировой транспорт стал испытывать трудности, вызванные как внешними (воздействием кризисных явлений в экономике целого ряда стран), так и чисто внутренними «транспортными» причинами, проистекающими из самой логики прогресса отрасли, требующей серьезных перемен. Кризисные явления в мировой экономике, проявившие себя на рубеже 1997–1998 гг., почти немедленно отразились на грузо- и пассажиропотоках. При этом в первую очередь они затронули наиболее уязвимые регионы и наиболее «чувствительные» виды транспорта. В географическом отношении прежде всего пострадали перевозки в азиатско-тихоокеанских секциях и на территории бывшего СССР, в отраслевом – после начала финансового

кризиса упали перевозки на авиалиниях и сократились отгрузки контейнерных грузов на ряде морских направлений.

Между тем потребности мировой экономики в совершенствовании транспортных процессов и дальнейшем развитии высокотехнологичных, высокоинтегрированных схем перевозки грузов с гарантированной сохранностью и соблюдением строго ритмичных поставок продолжают оказывать воздействие на развитие транспорта в основных странах мира. Соответственно, долговременные тенденции развития мирового транспорта не изменились. Они по-прежнему направлены на расширение мировой сети транспортных коммуникаций, повышение их загрузки, улучшение синхронности работы разных видов транспорта. Одной из форм интеграции современных видов транспорта на обозримую перспективу является совместное их функционирование при интермодальных перевозках. Комплексное обеспечение таких перевозок в международном масштабе все чаще практикуется в рамках так называемых транспортных коридоров.

Транспортировка товаров в международной торговле – довольно громоздкая, сложная и весьма дорогостоящая процедура. Огромный риск, которому подвергается транспортируемый товар, тем более, если он пересекает моря и океаны, движется на тысячи километров, несколько раз перегружается с одного вида транспорта на другой. Все это обусловило необходимость выработки согласованных условий транспортировки товаров в международной торговле.

Транспорт – одна из важнейших отраслей хозяйства, выполняющая функцию своеобразной кровеносной системы в сложном организме страны. Он не только обеспечивает потребности хозяйства и населения в перевозках, но вместе с городами образует «каркас» территории, является крупнейшей составной частью инфраструктуры, служит материально-технической базой формирования и развития территориального разделения труда, оказывает существенное влияние на динамичность и эффективность социально-экономического развития стран и мира в целом. На мировом транспорте занято более 100 млн человек. Общая длина транспортной сети мира (без морских трасс) превышает 42 млн км. Ежегодно в мире всеми видами транспорта перевозятся более 100 млрд тонн грузов и триллионы пассажиров. В этих перевозках участвуют миллионы единиц транспортных средств. При любой внешнеторговой сделке проданный товар попадает в сферу международного обращения. С помощью

средств транспорта товар перемещается от места его производства до пункта потребления.

Мировая торговля генерирует большие потоки товарных масс между странами, регионами и континентами. В обслуживании международной торговли между странами, отделенными друг от друга морями и океанами, незаменим морской транспорт, который по праву считается наиболее универсальным и эффективным средством доставки больших масс грузов на дальние расстояния. Этот вид транспорта обеспечивает перевозки более 80 % объема международной торговли. Грузовладельцы оплачивают судовладельцам в виде фрахта за перевозки грузов в международных морских сообщениях 105–110 млрд долл. ежегодно, что равно приблизительно 7 % стоимости мирового экспорта.

Основную часть международных морских грузопотоков составляют массовые наливные и навалочные грузы: сырая нефть (около 1000 млн т в год), нефтепродукты (300 млн т), железная руда (300 млн т), каменный уголь (270 млн т), зерно (200 млн т). Из других грузов морской торговли выделяются так называемые генеральные, или тарно-штучные грузы, то есть готовая промышленная продукция, полуфабрикаты, продовольствие. Годовой объем их перевозок оценивается в 700 млн т. Это наиболее ценная часть мирового торгового оборота (около 70 % по стоимости).

Серьезным конкурентом морскому транспорту в межконтинентальных перевозках ценных грузов в последнее время стал воздушный транспорт. Железнодорожный, речной и автомобильный транспорт широко используются во внутриконтинентальной внешней торговле, а также при перевозках экспортных и импортных грузов по территории стран-продавцов и стран-покупателей.

В международной торговле нефтью и газом важную роль играют трубопроводные системы.

*Международные пассажирские сообщения.* Углубившиеся в ходе последних десятилетий процессы интернационализации внешне-торговых, туристических, научных, культурных, социальных и иных гуманитарных связей вызвали «взрыв» международной подвижности населения во всех развитых странах мира. В настоящее время разовые или регулярные поездки в международных сообщениях ежегодно совершают несколько миллиардов пассажиров.

Воздушный транспорт, имея неоспоримое преимущество перед другими видами транспорта в скорости доставки пассажиров при дальних маршрутах поездок, прочно занял лидирующее положение в международных пассажирских сообщениях. Только в течение 80-х годов перевозная способность воздушного транспорта на международных линиях удвоилась за счет ввода в эксплуатацию большого числа широкофюзеляжных реактивных самолетов с высоким уровнем комфортности для пассажиров, с одной стороны, и с улучшенными показателями энергетической эффективности и себестоимости перевозок – с другой.

Наряду с воздушным транспортом во внутриконтинентальных международных перевозках пассажиров широко используется автотранспорт (легковые автомобили и автобусы) и железнодорожный транспорт. Морские и речные пассажирские сообщения наиболее популярны в виде международных туристических круизов.

В пассажирских перевозках лидером остается легковой автомобильный транспорт индивидуального пользования, доля которого повысилась с 56,8 до 61,0 %. Воздушный транспорт приблизился к уровню железнодорожного, а в недалекой перспективе может даже превзойти его.

В международных пассажирских сообщениях лидирующее положение сохраняет воздушный транспорт, имеющий явное преимущество перед другими видами транспорта в скорости перевозки.

Транспортный комплекс имеет огромное социально-экономическое значение при перемещении грузов и пассажиров.

Мировой пассажиропоток в августе 2011 года вырос на 4,5 % в годовом исчислении, снижение грузовых авиаперевозок за отчетный месяц по сравнению с показателем за август 2010-го составило 3,8 %. Такие цифры приводятся в материалах Международной ассоциации воздушного транспорта (ИАТА). В июле пассажиропоток увеличился, по данным ИАТА, на 6 % в годовом исчислении, а объем грузовых перевозок снизился на 1,8 %.

«В отрасли наблюдается замедление роста. Темпы увеличения пассажиропотока замедлились, а грузопотока – ускоряются. На фоне общемирового снижения уровня потребительского и делового доверия в краткосрочной перспективе в авиации не приходится ожидать улучшения динамики», – прокомментировал релиз генеральный и главный исполнительный директор ИАТА Тони Тайлер.

Оценивая рынки авиаперевозок в отдельности, в IATA пришли к выводу, что наибольшего успеха в августе по сравнению с прошлогодними показателями смогли добиться европейские компании.

Так, в регионе объем пассажирских перевозок вырос за отчетный месяц на 7,9 %. Аналогичный показатель авиакомпаний Ближнего Востока поднялся на 6,7 %, авиаперевозчиков Азиатско-Тихоокеанского региона – на 5,3 % (на фоне восстановления японского рынка международных перевозок), а африканских авиакомпаний – на 5,2 %.

«Впереди авиакомпании ожидают сложные времена. Неопределенность с развитием экономики на фоне продолжения бюджетно-долгового кризиса в Европе, а также ожидаемое замедление экономического роста развитых стран подразумевают предстоящие сокращения расходов и повышение уровня эффективности. Чтобы позволить авиакомпаниям оставаться локомотивами экономики, властям следует пересмотреть параметры зачастую недопустимо тяжелого налогового бремени, которое несет авиация», – добавил Тайлер.

На мировом рынке контейнерных перевозок отмечается рост влияния глобальных контейнерных операторов. Это сравнительно компактная, но весьма сильная группа компаний, оперирующих в межконтинентальных масштабах. В 2005 г. им принадлежало 58 % портовых контейнерных терминалов и 67 % объемов переработки. В настоящее время они постоянно увеличивают свою долю на рынке.

Контейнерные перевозки по морю, морскими линиями, будут расти и в дальнейшем. Этому будут способствовать следующие движущие силы процесса: дальнейший рост мировой экономики, глобализация экономической деятельности и либерализация внешнеэкономических связей; рост влияния определенных сил, которые принято называть политическими, а именно: принятие в целом ряде стран транспортной стратегии, направленной на увеличение контейнеризации, что, в свою очередь, продиктовано экологией, безопасностью, социальными составляющими; использование экономики масштабного роста во всех звеньях.

Стабилизация экономики и ее подъем невозможны без решения основных проблем транспортного комплекса. В первую очередь требуют решения вопросы увеличения инвестиций в эту отрасль, привлечения иностранного капитала, налаживания работы постав-



щиков транспортного комплекса – транспортного машиностроения, электротехнической и электронной промышленности, приборостроения, стройиндустрии и др. В самом транспортном комплексе необходима более тесная координация работы всех видов транспорта между собой и с отраслями народного хозяйства. Современная транспортная мировая система тесно связана не только с экономической ситуацией в мире, но и с природными катаклизмами. Так, в апреле 2010 года в связи с извержением вулкана в Исландии произошло блокирование воздушного транспорта, что дало возможность быстрому развитию сухопутного и железнодорожного транспорта. По прогнозам ученых извержение вулкана может продлиться от 4 до 60 лет, соответственно движение воздушного транспорта полностью прекратится и произойдет широкомасштабное развитие железнодорожного и сухопутного транспорта. Роль транспорта в современном мировом хозяйстве трудно переоценить. Благодаря ему осуществляется связь между промышленными и сельскохозяйственными предприятиями, сырьевыми базами и производителем, разнообразными отраслями экономики, различными регионами земного шара. Транспортные сети мира формировались под влиянием таких социально-экономических факторов: размещение промышленных центров, городов и источников полезных ископаемых; людность городов; природные условия (климат, рельеф); направления основных грузопотоков и исторические особенности формирования государства.

Грузонапряженность и грузооборот того или иного вида транспорта зависят от того, какие отрасли хозяйства он обслуживает, поэтому необходимо учитывать размещение отраслей хозяйства и особенности их сырьевой и топливной баз. Основными видами транспорта в мире являются автомобильный и железнодорожный.

## **2. ВОЗНИКНОВЕНИЕ И РАЗВИТИЕ ДОРОГ В БЕЛАРУСИ**

Дорожное дело – древнейшая профессия, а строительство дорог – один из древнейших видов человеческой деятельности. Дороги были и остаются важнейшей формой коммуникаций. Куда приходит дорога, там начинается жизнь.

Первыми белорусскими дорожниками можно считать тех первобытных людей (рис. 2.1), которые поселились в Юровичах: они понемногу улучшали дорожки и тропинки возле своих домов, но делали это еще бессознательно.



Рис. 2.1. Первобытные люди – «первые» дорожники

С тех пор дорожное строительство и развитие транспорта уже не остановить, оно непрерывно движется вперед. Расчищенная и улучшенная тропа породила колесо, колесо потребовало ровной дороги, а ровной дороге подобает скорость. Так появился двигатель.

Дорожные традиции Беларуси уходят своими корнями во времена Полоцкого, Туровского, Пинского, Мстиславского княжеств и Великого княжества Литовского. Если оценивать транспортные пути с точки зрения грузооборота, то долгое время дороги имели лишь вспомогательную роль: они соединяли главные транспортные артерии того времени – реки и назывались волоками (рис. 2.2).

С развитием общества, ростом городов роль дорог возрастала. Но более того, они имели военную функцию: во время походов по ним перемещались войска. Первым известным организатором дорожного строительства на землях Беларуси, создавшим сеть военных дорог в северной части Беларуси, можно считать великого князя Литовского Ольгерда (рис. 2.3). Во время своих походов он проложил дорогу

Вильня–Полоцк–Витебск, а также параллельно ей несколько других. Где-то их до сих пор называют *Альгердавым шляхам*.



Рис. 2.2. Николай Рерих «Волокут волоком», 1915 г.



Рис. 2.3. Великие князья Литовские Ольгерд (слева) и Витовт (справа)

Второй видный политический и военный деятель, великий князь Витовт, также принимал участие в развитии дорожного строительства: помимо строительства дорог, например, от Бреста до Луцка,

получившего название *Вітаўтаў гасцінец*, он начал реконструкцию дорог Ольгерда, которые впоследствии были названы *Вітаўтавы масты* (рис. 2.4).



Рис. 2.4. Язэп Драздовіч «Вітаўтавы масты. Стаянка князя Вітаўта», 1923 г.

Уже в XIV веке на территории Беларуси были дороги в следующих направлениях: Брест–Минск–Орша–Смоленск, Борисов–Минск–Сморгонь–Вильня, Мир–Лида–Гродно, Слоним–Слуцк–Рогачев, Полоцк–Браслав–Вильня, Пинск–Мозырь, Варшава–Гродно–Вильня и др. Если внимательно посмотреть на карту дорог того времени, то можно увидеть, что сеть современных дорог в Беларуси построена на наших древних направлениях (рис. 2.5).

Долгое время единственным нормативным документом в области дорог был сборник «Русская правда», в котором фиксировалась дорожная повинность и определялись уроки для каждого гражданина, то есть объемы работ и денежные взносы. В то время дороги строили кто, где и как хотел, методом «как ехали колеса», но, как и сейчас, дороги не могли идти в произвольном направлении, обычно они шли по берегам рек, либо по окраинам полей и лесов (рис. 2.6).



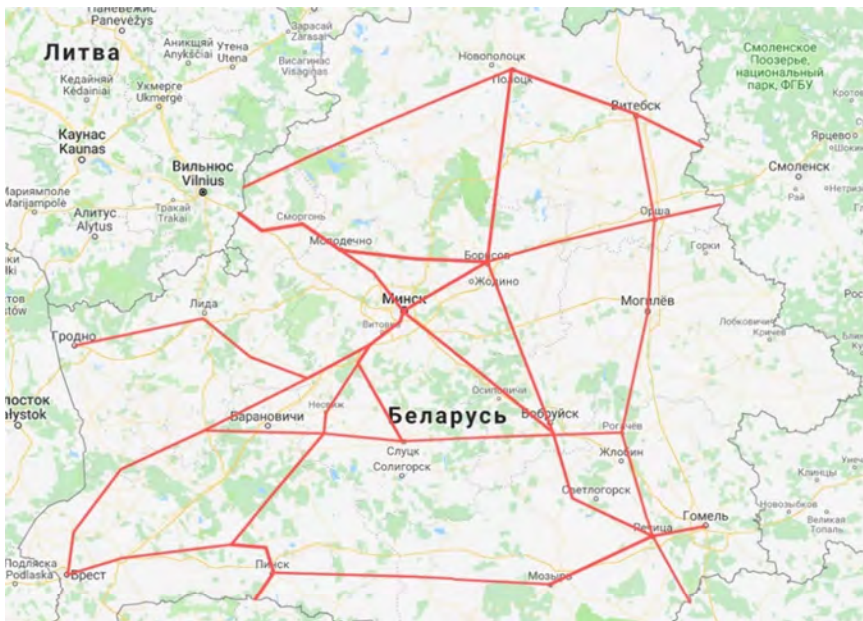


Рис. 2.5. Направления дорог XIV века на современной карте Беларуси



Рис. 2.6. Первый лист «Русской правды» и пример дорог того периода

Литовский статут 1588 года для дорожников Беларуси и соседних стран имеет такое же значение для нас, как и Библия Скорины. Статут не только придавал дорогам государственный статус, но и

впервые устанавливал их параметры, правила их использования, содержания и движения по ним (рис. 2.7).

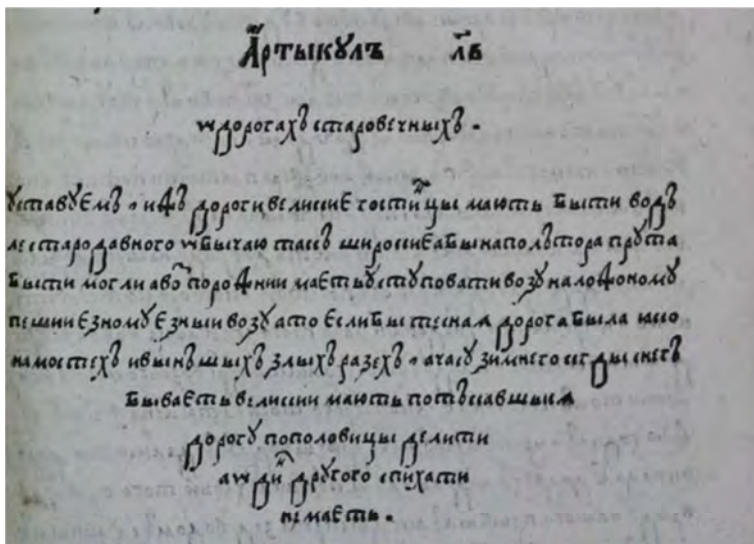


Рис. 2.7. Статут Великого княжества Литовского 1588 года.  
Раздел 9, статья 32

Текст 32 статьи 9 раздела Статута Великого княжества Литовского гласит: «Уставуем, иж дороги, великие гостинцы мають быти водле стародавнего обычаю так широкие, абы на полтора прута быти могли. А воз порожний маеть уступовати возу наложонному, пеший – езному, езной – возу. А то если бы тесная дорога была, яко на мостех и в иных злых разех, а часу зимнего, гды снег бываетъ великий, мають, поткавшись, дорогу по половицы делити, а один другого снихати не маеть».

Ширина дороги в 1,5 прута устанавливалась, чтобы во время движения по дороге при размахе кнутом для погонки лошадей участники движения не задевали друг друга и не причиняли увечья.

В то же время Статут не отменял дорожной повинности, теперь на жителях лежала ответственность за содержание и ремонт дорог. На наших землях дорожная повинность получила название *шарварки* (от нем. Scharwerk, Schar – толпа, отряд, ватага, Werk – действие, дело, работа).

В повинность, кроме денежных сборов, входили отсыпка дорог в низинах, устройство водоотвода. Дороги того времени почти не имели покрытий: это были обычно грунтовые дороги, а на более важных направлениях они были из гравия, поэтому на наших землях было принято устраивать деревянные покрытия – *грэблі* на болотах (рис. 2.8) и в населенных пунктах (рис. 2.9).



Рис. 2.8. Деревянные покрытия на болоте



Рис. 2.9. Деревянное покрытие улицы древнего Берестя

Помимо *грэбляў*, в населенных пунктах были замощенные улицы, или мостовые. По крайней мере, в мире булыжные мостовые были известны еще во времена Древнего Рима, но практически не применялись в Средние века. Слово *брук* в белорусском языке происходит от немецкого *Brücke*, где означает «мост». Мостовые устраивали специально обученные люди, а население их снабжало материалами, едой, деньгами.



Рис. 2.10. Густав Курбе «Мостовщики»

В Средние века городские улицы были в плохом состоянии, а во время дождей перейти улицу было невозможно вообще. Чтобы решить эту проблему, жители начали делать *кладкі* – небольшие мостики из разных материалов. С ростом их количества улицы оказывались замощенными полностью. Так появились мостовые. Вместо брусчатки использовали дерево, природный и обработанный камень, чугун, клинкер. Деревянные блоки для мощения применялись в местах, где много леса. В наших краях они широко использовались в XV–XVI веках. Интересен тот факт, что шестигранные деревянные колоды использовались в Петербурге до 1924 года, даже на Невском проспекте. Но дерево – недолговечный материал. В качестве альтернативы был выбран натуральный камень, который природа щедро разбросала по полям и только мешала сельскому хозяйству. Булыжник из такого камня в народе называли *каці́нья лбы*. Но мощение натуральным камнем было неудобно для участников



дорожного движения и для горожан. Чтобы избавиться от дефектов такого покрытия, их стали расчесывать, делать шашки. Благодаря этому получилось более-менее ровное покрытие.

Создание почты в XVII вывело дороги на новый уровень. Камнем стали мостить не только улицы, но и дороги. А так как брусчатка требует прочного основания, то при строительстве стали применять искусственное уплотнение грунта – трамбование. Мощение производилось также с использованием дорожной повинности, но профессиональными мостовщиками, которые должны были укладывать камень в мостовую, а жители должны были обеспечивать их камнем и деньгами, а также выполнять все другие вспомогательные работы.

Брусчатка за время своего существования претерпела определенную эволюцию, что многократно повысило ее качество. Сначала это был обычный камень, который крестьяне могли собирать с полей, затем этот камень стали обчесывать для изготовления брусчатки. Но в начале XX века, с сильным развитием автомобильного транспорта, природный камень стал дефицитом. Чтобы решить проблему, для мощения стали использовать искусственные материалы: на территории Советской Беларуси был распространен клинкер, представляющий собой кирпичи из спекшейся глины, а в Западной Беларуси – трилинки – шестигранники из базальта и бетона, которые и сегодня можно встретить в Пинске, Гродно, Бресте. Интересен тот факт, что в СССР клинкер производили всего 5 заводов, но лучшим считался клинкер из Гомеля. Сегодня также встречается брусчатка – это тротуары из бетонной плитки (рис. 2.11).

Кстати, и брусчатка, которая вызывает сейчас восхищение, поначалу вызывала сильное неприятие. Например, вспомним слова старой Клейны из «Каласоў пад сярпом тваім» Уладзіміра Караткевіча: *«Што гэта за час пайшоў? Што ўжо за долечка такая ліхая, апошняя? Гасцінец каменем забрукавалі ірады гэтыя дурныя. Грукоча і грукоча пад коламі. Раней дык як добра было! Пыл мякенькі, як той дзьмухавец, рысораў табе гэтых ніякіх. А цяпер! І брук, і рысоры. Быццам камянямі мяне ўсю дарогу білі, як першапакутніка Стафана, бог яму няхай за ўсе адплаціць дабром... Рысораў напрыдумвалі... Гэта ўжо горш за карабель, на якім да мужа на Каўказ ехала, – так закалыхвала. Пасля іх гэта ўжо апошнія часіны нашы настаюць. Апошняя гадзіначка наша. Мудруюць людзі!»*



Рис. 2.11. Эволюция брусчатки

В настоящее время брусчатка на дорогах Беларуси еще сохраняется, но в современных реалиях она не соответствует требованиям безопасности движения.

Достижения науки никогда не обходили стороной дорожное дело. В XVIII веке в строительстве стали применять геодезические приборы, а также изучали и учитывали свойства грунта. Это позволило многократно улучшить качество дорог. Дорожное строительство Речи Посполитой шло в том же направлении, что и в просвещенной Европе. Так, с 1733 года на белорусских землях стали строить аллеи (рис. 2.12) – широкие прямые дороги, обсаженные деревьями в два ряда с обеих сторон, что делало более комфортным передвижение по дороге в жару и значительно упрощало зимой, потому что теперь дороги меньше заносились снегом. Покрытие выбиралось в зависимости от роли дороги в народном хозяйстве, но все дороги имели дренаж и водоотвод. Главные дороги имели ширину 17 м, а второстепенные – 12 м, и на милю было посажено около 2000 берез.

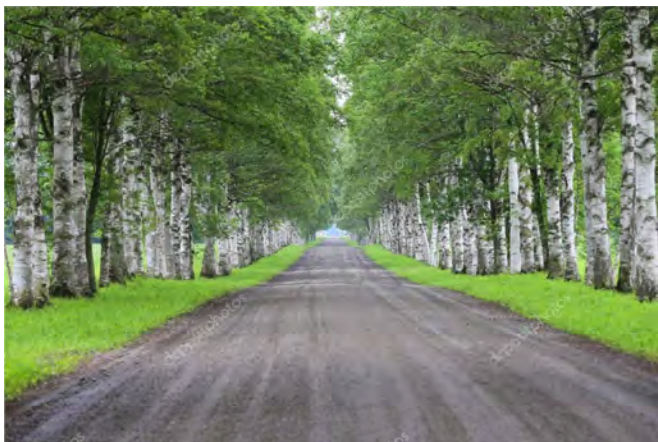


Рис. 2.12. Аллеи 1773 года

Для сравнения, началом традиций дорожного строительства в России можно считать 1722 год, когда Сенат издал приказ о строительстве грунтовой дороги Петербург–Москва (рис. 2.13). Только с присоединением наших земель дорожное дело России, хотя и запоздало, стало походить на европейское: в 1817 году были приняты правила строительства дорог Российской империи, ничем не отличавшиеся от правил Речи Посполитой 1733 года.



Рис. 2.13. Дорога в Российской Империи

Предложение известного шотландского инженера Макадама (рис. 2.14) в 1808 году устраивать покрытия из щебня; изобретение парового катка в 1859 году; начало использования асфальтобетона и цементобетона – все это дошло до России не сразу. С началом развития железнодорожного строительства дороги, и до этого находившиеся не в лучшем состоянии, пришли в негодность.



Рис. 2.14. Джон Макадам

В таком виде они находились до начала XX века, когда всего за несколько десятков лет на белорусских землях нагнали отставание в технологиях, что нашло отражение в начале строительства в 1930-х годах первой советской автостреды – шоссе Минск–Москва (рис. 2.15). На всем своем протяжении оно должно было иметь твердое покрытие и транспортные развязки, которые только-только начали использоваться в мире. Но сначала не хватило денег, а потом началась Вторая мировая война. Кстати, строительство этой дороги было первым за 8 веков, когда повинность не применялась. Именно с этого времени дорожные работы стали на 100 % профессиональными.



Рис. 2.15. Строительство дороги Минск–Москва

Если дороге Минск-Москва не посчастливилось стать первой автострадой, то первым шоссе в стране стала дорога Брест–Пинск (рис. 2.16), построенная в 1937 г. с использованием трилинки, изобретенной в начале 1930-х годов выдающимся польским дорожным инженером Владиславом Трилинским. Они изготавливались следующим образом: шестиугольную форму заполняли базальтом сначала по углам, а потом посередине, и все заливали бетоном. Размеры готовой плитки: каждая сторона 35 см, а высота от 8 до 20 см. Трилинка – первое покрытие из сборного цементобетона на территории Беларуси. Но трилинка разрабатывалась как временное покрытие, которое вскоре должно было быть заменено, однако и тут помешала Вторая мировая война. Трилинка также опасна для современных автомобилей. Как и в случае с булыжником, ей не хватает сцепления между колесом и покрытием.

В честь окончания строительства в Пинске возле здания дорожного управления установлен памятник (рис. 2.17), сейчас это автобусный парк на Брестской улице, который является старейшим памятником дороге в Беларуси.



Рис. 2.16. Строительство дороги Пинск–Брест



Рис. 2.17. Памятник, установленный в ознаменование окончания строительства дороги Пинск–Брест

Второй памятник дороге в нашей стране установлен в деревне Мясота Молодеченского района и посвящен Старо-Виленскому тракту (рис. 2.18).





Рис. 2.18. Памятник одной из самых древних дорог края. Старо-Виленский шлях шел через Радошковичи, Молодечно, Сморгонь, Ошмяны на Вильню

Памятник состоит из четырех камней-валунов. На двух валунах перечислены имена известных людей, которые некогда проходили или проезжали по этой дороге: Максим Богданович, Франтишек Богушевич, Сымон Будный, Игнатий Буйницкий, Тишка Гартный, Максим Горецкий, Николай Гоголь, Денис Давыдов, Винцент Дунин-Марцинкевич, Якуб Колас, Янка Купала, Константин Паустовский, Владислав Сырокомля, Михал Клеофас Огинский, Элоиза Пашкевич (Цетка) и др.

Если раньше дороги назывались *волакамі, шляхамі, трактамі*, гужевыми и автогужевыми, то сегодня они являются автомобильными дорогами.

### 3. АВТОМОБИЛЬНЫЕ ДОРОГИ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Согласно Закону Республики Беларусь «Об автомобильных дорогах и дорожной деятельности», *автомобильная дорога представляет собой комплекс инженерных сооружений, предназначенных для движения с установленными скоростями, габаритами и нагрузками.*

В настоящее время в Беларуси имеется 102,4 тыс. км дорог, из них 88,6 тыс. с твердым покрытием. Через Беларусь проходят два общеевропейских транспортных коридора, соединяющих запад и восток, север и юг Европы (рис. 3.1). И все это требует большого внимания.



Рис. 3.1. Паневропейские транспортные коридоры

Республика Беларусь имеет высокую плотность дорожной сети в мире (рис. 3.2) и значительно превосходит соседей (рис. 3.3).

Плотность сети автомобильных дорог – это соотношение длины всей дорожной сети и общей площади страны.

Так, в Беларуси плотность дорожной сети общего пользования составляет 418 км на 1 тыс. км<sup>2</sup> территории. В Германии плотность сети автодорог составляет 1805,3 км на 1 тыс. км<sup>2</sup>. Япония, хотя и имеет протяженность автомобильных дорог, сопоставимую с Российской Федерацией, однако плотность дорожной сети в Японии составляет 3221,6 км на тыс. км<sup>2</sup> по сравнению с 81,5 км на 1 тыс. км<sup>2</sup> в Российской Федерации.





Рис. 3.2. Плотность дорожной сети в мире



Рис. 3.3. Плотность дорожной сети в Беларуси и сопредельных государствах

В зависимости от возможностей использования дороги Беларуси делятся на дороги общего и необщего пользования. Дороги общего пользования могут использоваться всеми без препятствий.

Каждая дорога в Беларуси имеет свой номер и название. Номер дороги, помимо числового номера, включает в себя буквенный индекс. Так, республиканские дороги имеют букву Р, а наиболее важные, например, соединяющие Минск с областными центрами или входящие в состав паневропейских транспортных коридоров, имеют индекс М. Местным дорогам присваивается буква Н.

В зависимости от функционального назначения автомобильные дороги Беларуси подразделяются на республиканские и местные.

К республиканским автомобильным дорогам относятся:

- автомобильные дороги на территории Беларуси, включенные в сеть международных автомобильных дорог (европейской транспортной системы), дороги, соединяющие столицу Республики Беларусь Минск с административными центрами областей, Национальным аэропортом «Минск» и административные центры областей между собой (магистральные автомобильные дороги);

- автомобильные дороги, соединяющие административные центры областей с административными центрами районов;

- автомобильные дороги, соединяющие административные центры районов между собой по одному из направлений;

- автомобильные дороги, соединяющие города областного подчинения с административным центром области, на территории которой эти города расположены;

- автомобильные дороги, соединяющие спортивные комплексы, заповедники, национальные парки, исторические памятники, памятники природы и культуры, курортные зоны, имеющие республиканское значение, с Минском;

- автомобильные дороги, соединяющие административные центры областей с аэропортами, находящимися вне городской черты этих административных центров;

- подъезды от республиканских автомобильных дорог к железнодорожным станциям (внеклассным и I класса), расположенным вне городов, к международным и межгосударственным пунктам пропуска через Государственную границу Республики Беларусь.

К местным автомобильным дорогам относятся автомобильные дороги, обеспечивающие транспортные связи:

- административных центров сельсоветов, городов районного подчинения, городских, курортных и рабочих поселков, сельских населенных пунктов с административными центрами районов, на

территории которых они размещены, а также городов районного подчинения, городских, курортных и рабочих поселков между собой и с ближайшими железнодорожными станциями, аэропортами, речными портами и пристанями вне городской черты;

– мест массового отдыха, туризма, спортивных комплексов, курортов, больниц, школ-общежитий, домов отдыха, оздоровительных лагерей, кладбищ, исторических памятников, памятников природы и культуры с административными центрами областей и районов, на территории которых находятся эти объекты, а также с ближайшими железнодорожными станциями, аэропортами, речными портами, пристанями и республиканскими автомобильными дорогами;

– административных центров сельсоветов между собой, сельских населенных пунктов (в том числе дороги, которые проходят по территории этих населенных пунктов) с автомобильными дорогами общего пользования;

– районов индивидуального жилищного строительства, размещенных в сельской местности, и садоводческих товариществ с автомобильными дорогами общего пользования.

К автомобильным дорогам необщего пользования относятся автомобильные дороги, предназначенные для внутрихозяйственных и технологических перевозок, служебные и патрульные автомобильные дороги вдоль каналов, трубопроводов, линий электропередач, других коммуникаций и построек, а также служебные автомобильные дороги к гидротехническим и другим постройкам.

Особую категорию автомобильных дорог необщего пользования составляют автомобильные дороги, которые находятся в ведении Министерства обороны Республики Беларусь, Министерства внутренних дел Республики Беларусь и Государственного комитета пограничных войск Республики Беларусь. На эти дороги не распространяется действие Закона.

Улицы и дороги населенных пунктов не относятся к автомобильным дорогам общего пользования и содержатся предприятиями коммунального хозяйства.

Для информирования участников дорожного движения (водителей транспортных средств, пешеходов, пассажиров) на автомобильных дорогах устанавливаются стандартные дорожные знаки «Номер дороги». Знаки с буквой Е имеют зеленый фон, с буквой М – красный, с буквой Р – красный или синий, с буквой Н – белый.

Для быстрого и достоверного определения местонахождения на автомобильных дорогах устанавливаются также знаки «Указатель расстояний» и «Километровый знак».

Знак «Указатель расстояний» применяется вне населенных пунктов для указания расстояния от места установки знака до начала населенного пункта или другого объекта.

Километровые знаки применяются для указания расстояния от условной начальной точки отсчета километража до места установки километровых знаков.

За условную начальную точку отсчета километража принимаются:

– знак отсчета километража автомобильных дорог, установленный в столице республики г. Минск (рис. 3.4), – для автомобильных дорог общего пользования, выходящих из г. Минска;

– специальный знак, установленный в административных центрах областей, районов и других городах вблизи здания почты, государственных или общественных зданий – для автомобильных дорог общего пользования, соединяющих населенные пункты;

– пересечения осей сопрягающихся дорог – для автомобильных дорог общего пользования, соединяющих другие автомобильные дороги общего пользования или примыкающих к другим автомобильным дорогам общего пользования;

– границы географических, исторических и других объектов – для автомобильных дорог общего пользования, соединяющих указанные объекты.



Рис. 3.4. Знак «Пачатак дарог Беларусі». Октябрьская площадь, г. Минск

Всего в Республике Беларусь насчитывается 13 автомобильных дорог с индексом М (табл. 3.1) и 150 с индексом Р (табл. 3.2) (рис. 3.5).

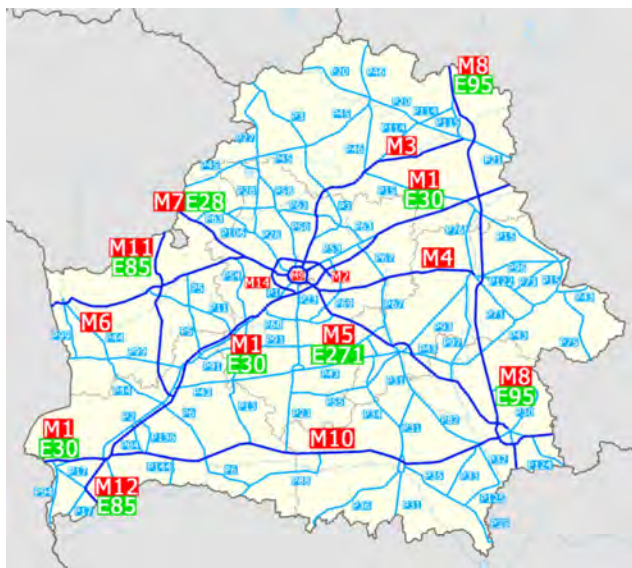


Рис. 3.5. Карта основных дорог Беларуси

Таблица 3.1

Республиканские автомобильные дороги с индексом М

Номер	Маршрут
M1/E30	Брест (Козловичи) – Минск – граница Российской Федерации (Редьки)
M2	Минск – Национальный аэропорт Минск
M3	Минск – Витебск
M4	Минск – Могилев
M5/E271	Минск – Гомель
M6/E28	Минск – Гродно – граница Республики Польша (Брузги); подъезды к городам Лида, Воложин, Гродно, аэропорту Гродно
M7/E28	Минск – Ошмяны – граница Литовской Республики (Каменный Лог); подъезд к городу Воложин
M8/E95	Граница Российской Федерации (Езерище) – Витебск – Гомель – граница Украины (Новая Гута)
M10	Граница Российской Федерации (Селище) – Гомель – Кобрин

## Окончание табл. 3.1

Номер	Маршрут
M11/E85	Граница Литовской Республики (Бенякони) – Лида – Слоним – Бытень
M12/E85	Кобрин – граница Украины (Мокраны)
M14	Вторая кольцевая автомобильная дорога вокруг г. Минска (МКАД-2)
M15	Кольцевая автомобильная дорога вокруг г. Могилева

Республиканская автомобильная дорога М-9 Кольцевая автомобильная дорога вокруг г. Минска (МКАД) в 2013 году передана в ведение Мингорисполкома в качестве улицы.

Таблица 3.2

## Республиканские автомобильные дороги с индексом Р

Номер	Маршрут
P1	Минск – Дзержинск – подъезд к М1
P2/E85	Столбцы – Ивацевичи – Кобрин
P3	Логойск – Зембин – Глубокое – граница Латвийской Республики (Урбаны)
P4	Барановичи – Ляховичи (до Р43); подъезд к городу Ляховичи
P5	Барановичи – Новогрудок – Ивье
P6	Ивацевичи – Пинск – Столин; подъезд к Р2
P7	Каменец – Жабинка – Федьковичи
P8	Лунинец – Пинск
P9	Высокое – Волчин – граница Республики Польша
P10	Любча – Новогрудок – Дятлово
P11	Поречаны (от М6) – Новогрудок – Несвиж
P12	Несвиж – Клецк
P13	Клецк – Синявка – Ганцевичи – Лунинец
P14	Полоцк – Миоры – Браслав
P15	Кричев – Орша – Лепель; подъезд к городу Горки
P16	Тюхиничи – Высокое – граница Республики Польша (Песчатка)
P17	Брест – граница Украины (Олтуш); подъезд к городу Малорита
P18	Верхнедвинск – Шарковщина – Козяны
P19	Толочин – Крупки
P20	Витебск – Полоцк – граница Латвийской Республики (Григоровщина); подъезды к городам: Полоцку, Новополоцку, Верхнедвинску
P21	Витебск – Лиозно – граница Российской Федерации (Заольша)
P22	Орша – Дубровно – до М1 (Буда)
P23	Минск – Микашевичи; подъезды к городам: Слуцку, Солигорску

Номер	Маршрут
P24	Полоцк – Россоны
P25	Витебск – Сенно – Толочин
P26	Толочин – Круглое – Нежково
P27	Браслав – Поставы – Мядель; подъезд к границе Литовской Республики (Видзы)
P28	Минск – Молодечно – Нарочь; подъезды: к г. Вилейке, к дер. Гатовичи
P29	Ушачи – Вилейка
P30	Гомель – Ветка – Чечерск – Ямное
P31	Бобруйск (от М5) – Мозырь – граница Украины (Новая Рудня); подъезд к городам Бобруйску, Ельску, Мозырю (до P36)
P32	Речица – Лоев
P33	Речица – Хойники
P34	Осиповичи – Глуск – Октябрьский – Озаричи
P35	Калинковичи – Брагин – Комарин – граница Украины (Комарин); подъезд к городу Брагин
P36	Мозырь – Лельчицы – Милошевичи – граница Украины (Глушкевичи)
P37	Михалки – Наровля – граница Украины (Александровка)
P38	Буда-Косшелево (от М5) – Чечерск – Краснополье
P39	Рогачев – Жлобин (до М5)
P40	Боровляны – Логойск; подъезд к комплексу «Озерный»
P41	Слоним – Мосты – Скидель – граница Литовской Республики (Поречье); подъезд к дер. Лунно
P42	Гродно – Гожа – граница Литовской Республики (Привалки)
P43	Граница Российской Федерации (Звенчатка) – Кричев – Бобруйск – Ивацевичи (до P2)
P44	Гродно – Ружаны – Ивацевичи
P45	Полоцк – Глубокое – граница Литовской Республики (Котловка)
P46	Лепель – Полоцк – граница Российской Федерации (Юховичи)
P47	Свислочь – Порозово – Пружаны
P48	Ворняны – Ошмяны – Юратишки – Ивье; подъезд к границе Литовской Республики (Лоша)
P49	Дымовщина (от P20) – Шапуры (до М8) (юго-западный обход города Витебска)
P50	Мосты – Зельва – Ружаны
P51	Острино – Щучин – Волковыск
P52	(от P45 (Гоza)) – Островец – Ошмяны; подъезд к г.п. Островец
P53	Слобода – Новосады; подъезд к Кургану Славы
P54	Першаи – Ивенец – Столбцы – Несвиж
P55	Бобруйск – Глуск – Любань – Солигорск (до P23); подъезд к городу Солигорск
P56	Молодечно – Воложин

Продолжение табл. 3.2

Номер	Маршрут
P57	Кучино – Любань – Ветчин (до М10)
P58	Минск – Калачи – Мядель
P59	Логойск – Смолевичи – Червень – Марьина Горка
P60	Купа – Занарочь – Брусы
P61	Узда – Копыль – Гулевичи (через Старицу)
P62	Чашники – Бобр – Бобруйск (через Кличев)
P63	Борисов – Вилейка – Ошмяны
P64	Столбцы – Мир
P65	Заславль – Дзержинск – Озеро
P66	Калачи – Логойск
P67	Борисов – Березино – Бобруйск
P68	Пуховичи – Узда – Негорелое
P69	Смолевичи – Смиловичи – Правдинский – Шацк
P70	Княжицы – Горки – Ленино – граница Российской Федерации (Дружная)
P71	Могилев – Славгород
P72	Осиповичи – Свислочь
P73	Чаусы – Мстиславль – граница Российской Федерации (Коськово)
P74	Чериков – Краснополье – Хотимск – граница Российской Федерации (Горня)
P75	Климовичи (от Р43) – Костюковичи – граница Российской Федерации (Смольки); подъезд к городам Костюковичи, Климовичи
P76	Орша – Шклов – Могилев
P77	Шклов – Бельничичи (через Пригани)
P78	Олекшицы – Волковыск – Порозово – Пружаны (до Р81)
P79	Кличев – Чечевичи
P80	Слобода – Паперня
P81	Пружаны – граница Республики Польша; подъезд к дер. Вискули
P82	Октябрьский – Паричи – Речица; подъезд к г. Светлогорску
P83	Брест – Каменец – Национальный парк «Беловежская пуца»; подъезд к городу Каменец
P84	Береза – Дрогичин
P85	Слоним – Высокое
P86	Богушевск (от М8) – Сенно – Лепель – Мядель
P87	Витебск – Высокое (до М1)
P88	Житковичи – Давид-Городок – граница Украины (Верхний Теребежов)
P89	Лида – Трокели – Геранены – граница Литовской Республики (Геранены)
P90	Паричи – Красный Берег (до М5)
P91	Осиповичи – Барановичи; подъезд к Р11 (Рудовка)
P92	Марьина Горка – Старые Дороги
P93	Могилев – Бобруйск



Продолжение табл. 3.2

Номер	Маршрут
P94	Брест – граница Республики Польша (Домачево); подъезд к границе Республики Польша (Томашовка) со съездом к границе Украины
P95	Лынтупы – Свирь – Сморгонь – Крево – Гольшаны
P96	Могилев – Рясна – Мстиславль; подъезды к городу Чаусы, г. п. Дрибин
P97	Могилев – Быхов – Рогачев
P98	Граница Республики Польша (Песчатка) – Каменец – Шерешево – Свислочь; подъезд к городу Каменец
P99	Барановичи – Волковыск – Пограничный – Гродно; подъезд к границе Республики Польша (Берестовица), городу Слоним
P100	Мосты – Большая Берестовица
P101	Пружаны – Береза
P102	Высокое – Каменец – Кобрин
P103	Клецк – Ляховичи
P104	Жабинка – Кобрин
P105	Ганцевичи – Логишин
P106	Молодечно – Сморгонь; подъезд к г. Сморгонь
P107	Несвиж – Тимковичи
P108	Барановичи – Молчадь – Дятлово
P109	Лиозно – Ореховск (до М8)
P110	Глубокое – Поставы – Лынтупы – граница Литовской Республики (Лынтупы); подъезд к границе Литовской Республики (Мольдевичи)
P111	Бешенковичи – Чашники
P112	Витебск – Сураж – граница Российской Федерации (Стайки)
P113	Сенно – Бешенковичи – Ушачи
P114	Городок – Улла – Камень
P115	Витебск – Городок (до М8)
P116	Ушачи – Лепель
P117	Граница Российской Федерации (Кострово) – Кохановичи – Верхнедвинск
P118	Любоничи (от Р62) – Кировск
P119	Славгород – Никоновичи (до М8)
P120	Быхов – Бельниччи
P121	Шклов – Круглое
P122	Могилев – Чериков – Костюковичи
P123	Селец (от Р93) – Мосток – Дрибин – Горки
P124	Ветка – Добруш – Тереховка – граница Российской Федерации и граница Украины (Веселовка)
P125	Лоев – Брагин
P126	Ельск – Наровля
P127	Кобрин – граница Украины (Дивин)
P128	Туров – Лельчицы – Словечно (до Р31)

Номер	Маршрут
P129	Гомель – аэропорт Гомель
P130	Буда-Кошелево – Уваровичи – Калинино
P131	Калинковичи – Мозырь (до P31)
P132	Граница Российской Федерации (Горбачево) – Россоны – Кохановичи
P133	Минск – Пансионат
P134	Большая Берестовица – Кваторы – Свислочь
P135	Ивье – Трокели – Радунь
P136	Войтешин (от P2) – Белоозерск – Хомск – Дрогичин
P137	Раков – Ивенец – Дзержиново
P138	Чаусы – Славгород (до P71)
P139	Хотимск – Родня
P140	Славгород – Краснополье
P141	Белица – Желудок – Рожанка
P142	Зельва – Деречин – Медвиновичи
P143	Чаусы – Дрибин
P144	Иваново – граница Украины (Мохро)
P145	Гродно – Острино – Радунь – граница Литовской Республики (Дотишки)
P146	Ошмяны – Клевица – граница Литовской Республики (Клевица)
P147	Стыгычево (от P6) – Местковичи – Малая Вулька – Жидче – Невель – граница Украины (КПП Невель/КПП Прикладники, до Т-1805)
P148	Ельск – Махновичи (до P36)
P149	Жлобин (от M5) – Светлогорск (до P82)
P150	Хутор (от подъезда к г. Гомель) – Гомель (до ул. Мележа)

С 1 августа 2013 года в Беларуси действует электронная система сбора платы за проезд BelToll. Система платы за проезд BelToll работает на основе специализированной радиосвязи на коротких расстояниях (DSRC), используемой во многих странах. Эта технология позволяет оплачивать пользование дорогой без остановки транспортного средства в пунктах взимания дорожных сборов (возле шлагбаумов). Платить должны водители автомобилей с технически допустимой общей массой более 3,5 т независимо от страны регистрации, в том числе тяжелых джипов, таких, как, например, Ford Excursion, Chevrolet Tahoe, Lincoln Navigator, Hummer H1 и H2, а также автомобилей с технически допустимой общей массой не более 3,5 т, зарегистрированных за пределами ЕврАзЭС. Для передвижения по платным дорогам необходимо получить бортовое устройство.

Общая протяженность платных участков автомобильных дорог в Беларуси составляет 1789,11 км. Схема размещения таких участков представлена на рис. 3.6.

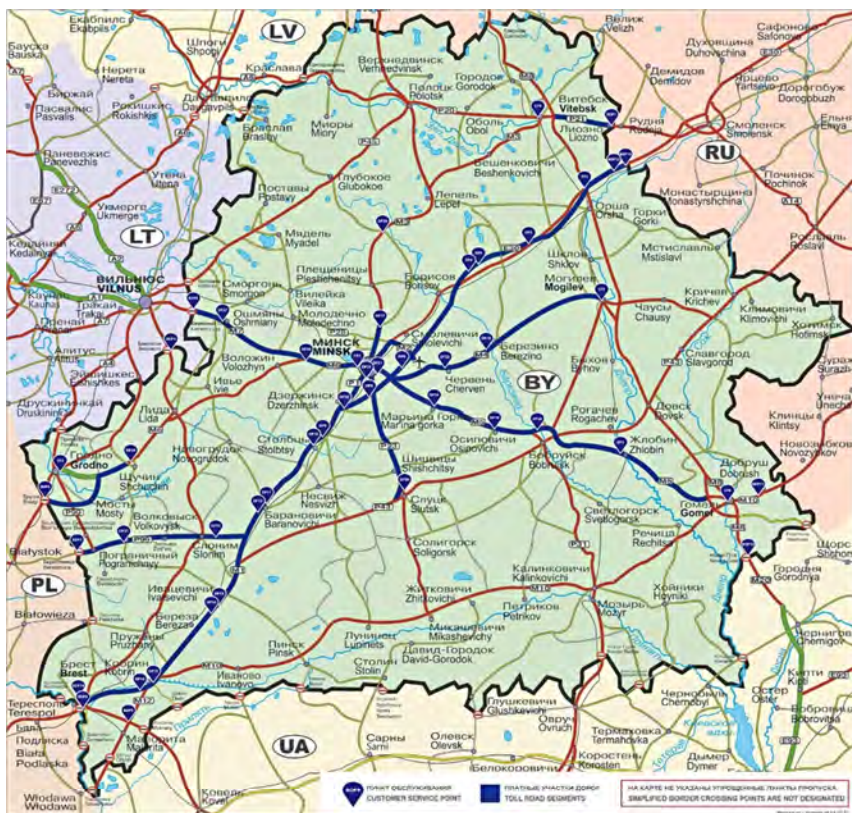


Рис. 3.6. Схема размещения платных участков автомобильных дорог

Система BelToll пришла на смену ручному сбору платы за проезд и является современным и надежным решением в этой области. Система работает на основе микроволновой радиосвязи на коротких расстояниях, что позволяет списывать плату за проезд автоматически, когда транспортное средство проезжает под станциями сбора платы. Поэтому у водителя автомобиля нет необходимости снижения скорости, остановки или выбора определенной полосы движения.

Министерством транспорта и коммуникаций установлены соответствующие тарифы за проезд по платным автомобильным дорогам. Так, для транспортных средств с допустимой общей массой до 3,5 т включительно он составляет 0,04 евро за 1 километр, для грузовых транспортных средств с допустимой общей массой более 3,5 т с 2 осями – 0,09 евро, 3 осями – 0,115 евро, 4 осями и более – 0,145 евро за километр.

Для проезда по платным дорогам транспортные средства необходимо оснастить специальными бортовыми устройствами. Зарегистрироваться в системе и получить такие устройства можно в специальных пунктах обслуживания, которые расположены во всех областных центрах, на некоторых АЗС вдоль платных дорог и вблизи пограничных пунктов пропуска. Их местоположение указывается специальными знаками, установленными вдоль платных дорог. При этом бортовое устройство регистрируется на конкретный автомобиль с определенными параметрами, так как от общей массы транспортного средства и количества осей зависит размер платы за проезд. Внести оплату можно двумя способами: предварительно либо постфактум – последний вариант требует наличия определенных гарантий. Залоговый платеж за бортовое устройство возвращается при сдаче исправного устройства на любой из пунктов обслуживания.

Принцип работы системы электронной оплаты заключается в следующем: над дорогой установлены специальные порталы, которые расположены на перегонах между транспортными развязками, что практически полностью исключает возможность проезда, минуя портал. На данные конструкции помещено специальное оборудование, которое фиксирует проезд транспортного средства, идентифицирует его, а затем автоматически списывает оплату за проезд конкретного сегмента дороги. В случае отсутствия бортового устройства либо его использования на другом автомобиле система фиксирует нарушение и автоматически в режиме реального времени направляет данную информацию в Транспортную инспекцию.

На Транспортную инспекцию возложены функции контроля полноты оплаты за проезд. Эта служба оснащена специальными автомобилями, которые круглосуточно осуществляют мобильное и стационарное патрулирование на платных дорогах.

Таким образом, новая система обеспечивает высокую эффективность взимания платы и предполагает практически безусловную

неотвратимость наказания за уклонение от оплаты за проезд. Следует также отметить, что величина платы в увеличенном размере в случае нарушения порядка оплаты за проезд является достаточно высокой и составляет от 50 до 260 евро.

В соответствии с Законом Республики Беларусь «Об автомобильных дорогах и дорожной деятельности» функции управления республиканскими дорогами осуществляет Министерство транспорта и коммуникаций. В составе министерства функционирует Главное управление автомобильных дорог, которое организывает и контролирует деятельность организаций государственного дорожного хозяйства, подчиненных Минтрансу: РУП «Минскавтодор-Центр», РУП «Бреставтодор», РУП «Витебскавтодор», РУП «Гомельавтодор», РУП «Гродноавтодор», РУП «Могилеавтодор».

Кроме того, в системе дорожного хозяйства функционируют предприятия науки (ГП «БелдорНИИ»), проектирования (ГП «Белгипродор»), связи (РУП «Белдорсвязь»), обучения (ГУО «Белдорстрой»), платных дорог (ГУ «Белавтострада»), РУП «Белдорцентр», КУП «Брестоблдорстрой», КУП «Витебскоблдорстрой», КПРСУП «Гомельоблдорстрой», КУП «Гроднооблдорстрой», КУП «Минскоблдорстрой», КУП «Могилевооблдорстрой».

Основными задачами Главного управления автомобильных дорог являются:

- обеспечение реализации дорожно-транспортной политики;
- осуществление государственного регулирования в области дорожной деятельности;
- разработка и реализация совместно с заинтересованными республиканскими органами государственного управления, иными государственными организациями, подчиненными Правительству Республики Беларусь, местными исполнительными и распорядительными органами программ развития в области дорожной деятельности;
- проведение совместно с заинтересованными республиканскими органами государственного управления, иными государственными организациями, подчиненными Правительству Республики Беларусь, местными исполнительными и распорядительными органами анализа деятельности и разработки прогнозов развития в области дорожной деятельности;

– проведение в области дорожной деятельности экономической, научно-технической и социальной политики;

– обеспечение формирования и совершенствования нормативной правовой и нормативно-технической базы в области дорожной деятельности;

– привлечение внешних государственных займов (кредитов) и инвестиций в области дорожной деятельности в соответствии с законодательными актами;

– координация деятельности организаций дорожного хозяйства.

Главное управление в соответствии с возложенными на него задачами:

– обеспечивает реализацию научно-технической и инвестиционной политики в области дорожной деятельности;

– содействует в установленном порядке демополизации, формированию конкурентной среды, поддержке и развитию предпринимательства в области дорожной деятельности;

– разрабатывает и реализует в пределах своей компетенции стратегии и программы перспективного развития международных транспортных коридоров, проходящих через территорию Республики Беларусь;

– осуществляет изучение и прогнозирование изменений конъюнктуры зарубежных рынков по вопросам дорожной деятельности;

– разрабатывает проекты нормативных правовых актов в области дорожной деятельности;

– контролирует в пределах своей компетенции исполнение нормативных правовых актов в области дорожной деятельности, проводит анализ практики их применения и на его основе разрабатывает предложения по совершенствованию этих актов;

– принимает участие в совершенствовании ценообразования, финансирования и кредитования в области дорожной деятельности, в разработке и подготовке к утверждению индексов стоимости строительства объектов дорожного хозяйства, других видов работ, выполняемых на автомобильных дорогах общего пользования;

– участвует в разработке и реализации мер по повышению безопасности дорожного движения;

– готовит предложения о проектировании и развитии (возведении, реконструкции) республиканских автомобильных дорог;

– взаимодействует с республиканскими органами государственного управления, местными исполнительными и распорядительными органами и координирует их деятельность по развитию автомобильных дорог общего пользования, улучшению их технического уровня и эксплуатационного состояния;

– в соответствии с законодательством готовит предложения о временном ограничении или временном запрещении движения транспортных средств по автомобильным дорогам общего пользования при стихийных бедствиях, авариях, проведении ремонтно-строительных работ, а также в других случаях, предусмотренных законодательством;

– готовит предложения об установлении сезонных ограничений массы и нагрузок на оси транспортных средств вследствие неблагоприятных погодных-климатических условий, вызывающих снижение показателей надежности и безопасности республиканских автомобильных дорог;

– организует взимание в соответствии с законодательством сборов (пошлин) и других платежей за проезд по автомобильным дорогам общего пользования;

– организует ведение Государственного реестра автомобильных дорог общего пользования Республики Беларусь, определяет порядок его ведения, внесения в него изменений и дополнений, а также предоставления содержащейся в нем информации;

– готовит предложения по утверждению наименования и номера республиканских автомобильных дорог;

– осуществляет планирование дорожной деятельности, связанной с республиканскими автомобильными дорогами, на основании прогнозов развития государственного дорожного хозяйства;

– определяет порядок обследования и диагностики автомобильных дорог общего пользования;

– готовит к утверждению генеральные схемы развития придорожного сервиса на республиканских автомобильных дорогах и осуществляет координацию деятельности республиканских органов государственного управления, местных исполнительных и распорядительных органов, юридических лиц, индивидуальных предпринимателей по размещению объектов придорожного сервиса;

– устанавливает в соответствии с законодательством нормативные требования к эксплуатационному состоянию и качеству содержания автомобильных дорог, порядок осуществления контроля за

эксплуатационным состоянием и качеством содержания автомобильных дорог.

#### 4. СТАНОВЛЕНИЕ БЕЛОРУССКОГО ДОРОЖНОГО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ

В связи с острым недостатком в Белорусской ССР специалистов-дорожников, по инициативе руководства дорожной отрасли республики 23 августа 1958 года был издан приказ № 868 за подписью заместителя министра высшего образования СССР М. Прокофьева «Об утверждении в составе Белорусского политехнического института подготовки по специальности «Автомобильные дороги» и об организации в этом институте кафедры «Дорожное строительство» (рис. 4.1).

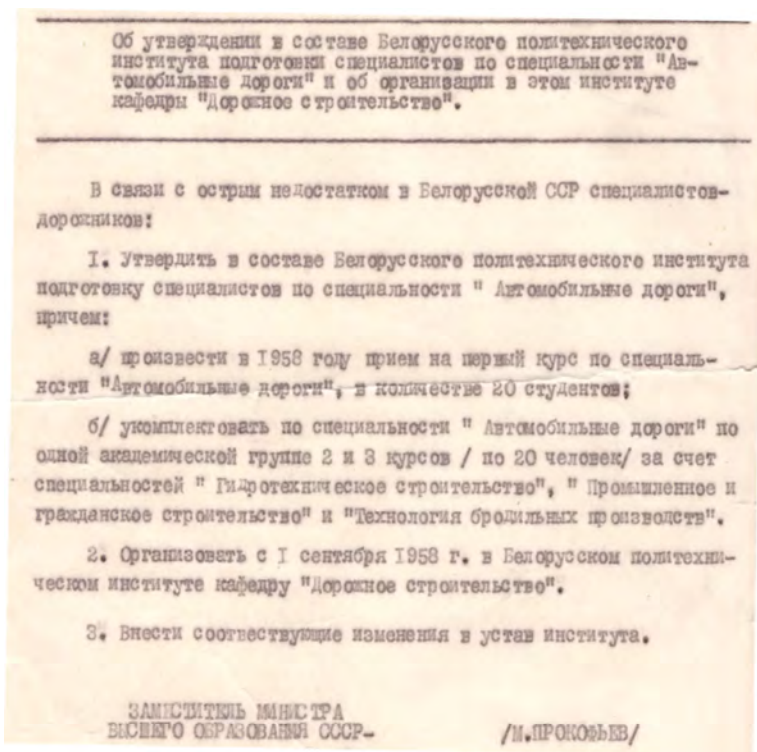


Рис. 4.1. Приказ об утверждении в составе Белорусского политехнического института подготовки по специальности «Автомобильные дороги» и об организации в этом институте кафедры «Дорожное строительство»



Приказом № 896 от 3.09.1958 г. по Белорусскому политехническому институту заведующим кафедрой «Строительство автомобильных дорог» был утвержден профессор, доктор технических наук Ладыгин Борис Иванович (рис. 4.2), который по праву считается основоположником дорожного образования в Беларуси.



Рис. 4.2. Борис Иванович Ладыгин

Борис Иванович Ладыгин (29 января 1896 – 31 октября 1981) – ученый в области дорожного строительства. Член-корреспондент Национальной академии наук Беларуси (1959), доктор технических наук (1957), профессор (1958). Заслуженный работник высшей школы РСФСР.

Родился в Украине, в городе Сквире. Окончил Петербургский государственный университет путей сообщения в 1921 году. С 1926 года консультант строительно-транспортной секции Госплана БССР, с 1929 года начальник сектора Главдортранса БССР, в 1931–1938 годах заведующий секцией Белорусского научно-исследовательского автодорожного института. С 1938 года ассистент, доцент, с 1946 заведующий кафедрой, в 1951–1953 годах декан, профессор Саратовского автомобильно-дорожного института. С 1958 г. заведующий кафедрой, с 1966 г. профессор-консультант Белорусского политехнического института.

Разработал принципы классификации грунтов и составил карты типичных грунтов Беларуси. Определил условия технико-экономической целесообразности применения местных каменных материалов и, в частности, слабых песчаников в дорожном строительстве. Сформулировал условия выносливости и прочности бетона, систематизировал их показатели.

Автор 59 научных работ, 84 изобретений.

Первоначальный набор (при образовании специальности) составлял всего 52 студента – 2 группы. Первый выпуск инженеров по специальности «Автомобильные дороги» с присвоением квалификации «Инженер путей сообщения» состоялся в 1966 году (группа № 66). В составе этой группы заканчивали институт Алексей Георгиевич Федоров – заслуженный строитель Республики Беларусь, директор ГПИ «Белгипродор»; Петр Михайлович Демьянюк, который возглавлял дорожно-строительный трест № 4 (г. Брест); Михаил Евгеньевич Першай – генеральный директор НПО «Дорстройтехника»; Каспер Францевич Шумчик, впоследствии, канд. техн. наук, доцент, работавший на кафедре «Строительство и эксплуатация дорог» долгие годы.

В группе № 65 учились Ф. М. Горохов (работал главным инженером дирекции строящихся дорог дорожного департамента Российской Федерации); Г. М. Кухаренок, доктор технических наук, профессор, зав. кафедрой «Двигатели внутреннего сгорания» БНТУ; М. Я. Куделко – канд. техн. наук, доцент кафедры «Проектирование дорог» БНТУ; И. К. Яцевич – канд. техн. наук, доцент, зав. кафедрой «Проектирование дорог» БНТУ; А. Е. Роговин – канд. техн. наук, старший научный сотрудник НИИ «Градостроительство».

Кафедра размещалась в третьем корпусе БПИ, который был построен в 1962 г. за счет средств Гушосдора при Совете министров БССР. Занимаемая ею площадь включала кабинет для педагогических работников, лаборатории по дорожно-строительным материалам, кабинет для курсового и дипломного проектирования, учебные аудитории. Всего занимаемые площади составляли около 300 м<sup>2</sup>.

Кроме Б. И. Ладыгина, первыми преподавателями кафедры стали (рис. 4.3.):

– Лебедев Александр Петрович – дисциплина «Проектирование автомобильных дорог»;

– Баховчук Петр Семенович – дисциплина «Экономика дорожного строительства»;

- Краюхин Александр Федорович – дисциплина «Эксплуатация автомобильных дорог»;
- Ткаченко Николай Алексеевич – дисциплина «Мосты».



Рис. 4.3. Первые преподаватели кафедры «Дорожное строительство»  
Слева направо: доц. Н. А. Ткаченко, проф. Б. И. Ладыгин, доц. А. П. Лебедев

В дальнейшем педагогическую работу на кафедре «Дорожное строительство» успешно вели молодые специалисты: Н. С. Семашко, В. А. Стрижевский, М. Я. Куделко, Я. Н. Ковалев, И. Л. Деркаченко, И. К. Яцевич (1965 г.). Позже к ним подключилась «вторая волна» молодых специалистов: А. Л. Оковитый, С. Л. Вдовиченко, Л. Д. Раковец, К. Ф. Шумчик, А. А. Куприянчик, И. Н. Вербило, М. И. Карлович.

Профессором Ладыгиным Б. И. было сформировано научное направление по исследованию вопросов прочности и долговечности асфальтобетона с учетом применения местных минеральных материалов и климатических условий Беларуси. В 1963 году он издал монографию «Основы прочности и долговечности дорожных бетонов».

Первыми аспирантами, успешно защитившими кандидатские диссертации, были Ярослав Никитич Ковалев («Исследование температурного режима дорожных покрытий из песчаного асфальтобетона и уточнение требований к температурным свойствам применяемых битумов» в 1965 г.) и Иван Климентьевич Яцевич («Исследования деформационной способности асфальтобетона в условиях БССР» в 1965 г.).

В период становления кафедры были защищены следующие кандидатские диссертации:

– К. Ф. Шумчик – «Исследование сдвигоустойчивости покрытий из песчаного асфальтобетона в условиях БССР» (1970 г.);

– С. Л. Вдовиченко – «Исследование методов оценки и способов повышения долговечности по трещиностойкости асфальтобетонных покрытий в условиях БССР» (1972 г.);

– М. Я. Куделко – «Исследование трещиностойкости песчаных асфальтобетонных покрытий при низких температурах в условиях БССР» (1975 г.);

– И. Н. Вербило – «Износостойкость асфальтобетонных покрытий с применением местного гравия в условиях БССР (1975 г.);

– А. Л. Оковитый – «Укрепление грунтов цементом с добавками торфяных зол в условиях БССР (1965 г.).

По результатам исследований коллективом кафедры была издана монография «Прочность и долговечность асфальтобетона» (под. ред. Б. И. Ладыгина и И. К. Яцевича. – Мн.: «Наука и техника», 1972 г.).

Кафедрой последовательно руководили:

– Ладыгин Борис Иванович, член-корреспондент Академии наук БССР, профессор, доктор техн. наук (1958–1966 гг.);

– Ткаченко Николай Алексеевич (рис. 4.4), доцент, канд. техн. наук (1966–1975 гг.);



Рис. 4.4. Николай Алексеевич Ткаченко

– Чернолясов Виталий Андреевич (рис. 4.5), доцент, канд. техн. наук (1975–1977 гг.);



Рис. 4.5. Виталий Андреевич Чернолясов

– Куделко Михаил Яковлевич (рис. 4.6.), доцент канд. техн. наук (1977–1979 гг.).



Рис. 4.6. Михаил Яковлевич Куделко

В 1977 г. в г. Минске началось строительство метрополитена и было принято решение о создании самостоятельной кафедры

«Мосты и тоннели». Для форсированной подготовки инженеров мостовиков и метростроителей из специальности «Автомобильные дороги» были переведены 2 группы студентов различных курсов численностью 50 человек.

С кафедры «Дорожное строительство» на вновь образованную кафедру были переведены доцент, канд. техн. наук Ткаченко Николай Алексеевич, доцент, канд. техн. наук Чернолясов Виталий Андреевич, доцент, канд. техн. наук Черкасов Валентин Валентинович, ассистент Расинская Лидия Григорьевна. Заведующим кафедрой был избран доцент Чернолясов Виталий Андреевич. Заведующим лабораторией был назначен Кравченя Федор Саввич.

В 1979 году в результате деления кафедры «Дорожное строительство» (приказ № 31-П от 23.02.1979 г.) были созданы кафедра «Строительство и эксплуатация дорог» (СЭД) и кафедра «Проектирование дорог».

Заведующим кафедрой СЭД был назначен доктор технических наук, профессор Леонович Иван Иосифович (рис. 4.7), который руководил кафедрой до 2012 года. В период с 2012 по 2019 год кафедрой заведовал кандидат технических наук, доцент Сергей Егорович Кравченко (рис. 4.8).



Рис. 4.7. Иван Иосифович Леонович



Рис. 4.8. Сергей Егорович Кравченко

Важнейшие научные достижения кафедры связаны с дорожным материаловедением, диагностикой транспортно-эксплуатационного состояния автомобильных дорог, активационными технологиями композиционных материалов, способами укрепления грунтов, совершенствованием устойчивости бетонных покрытий. Они являются следствием многолетних исследований, которые проводятся сотрудниками кафедры. На базе Республиканского дочернего унитарного предприятия «Белорусский дорожный научно-исследовательский институт БелдорНИИ» создан филиал профилирующей кафедры «Строительство и эксплуатация дорог» с названием «Дорожно-строительные материалы и технологии».

Научные результаты:

- разработана теория расчета дорожных одежд, прогноза глубины промерзания земляного полотна с учетом водно-теплового режима грунтов, разработаны способы модификации дорожных битумов и технологии регенерации асфальтобетонных покрытий, системы оценки транспортно-эксплуатационных качеств дорог и основ дорожно-экологического мониторинга;
- разработаны рекомендации по отдельным видам активации компонентов дорожных бетонов;
- разработана теория оценки трех состояний дорожной конструкции, в которой деформационные свойства, геометрические раз-

меры и наличие дефекта изменяются при переходе от одного состояния к другому. Предложен нетрадиционный способ усиления основания бетонной конструкции, исключающий разрушения дорожного покрытия;

- разработаны конструкции дорожных машин и установок, укрепляющих грунты способом инъектирования. Опубликована монография;

- разработаны рекомендации по использованию грунтов, укрепленных цементом, известью в сочетании с химическими добавками, в основании и дорожных одеждах;

- разработаны составы противогололедных материалов и технология их применения в процессе зимнего содержания дорог, которые позволяют снизить коррозионное воздействие на металлические конструкции, эксплуатирующиеся на автомобильных дорогах;

- разработаны теоретические основы определения и нормирования сцепных качеств дорожных покрытий;

- установлена связь реологических характеристик битумов со стандартными показателями. Разработаны методы оценки и способы повышения трещиностойкости асфальтобетонных дорожных покрытий с учетом старения. Установлена корреляционная зависимость между старением битумо-минеральных материалов в лабораторных и натуральных условиях эксплуатации. Разработана методика обоснования требований к сдвигоустойчивости асфальтобетона во взаимосвязи реологических и прочностных характеристик материала;

- разработаны дополнения к технологии ямочного ремонта и ремонта трещин асфальтобетонных покрытий с использованием литых регенерированных битумо-минеральных смесей;

- предложен способ определения скорости осадки насыпи на слабых грунтах, основанный на применении метода электродинамического моделирования;

- разработаны теоретические основы оценки долговечности цементобетона и его защитных свойств к стальной арматуре в железобетонных конструкциях в условиях агрессивной эксплуатационной среды.

В составе кафедры получили развитие две научные школы:

1. Научная школа в области дорожно-строительного материаловедения (повышение качества и ресурсосбережение в дорожной



отрасли). Руководитель – доктор технических наук, академик Международной инженерной академии, профессор Ковалев Ярослав Никитич.

Основные направления научных исследований этой школы:

– разработка новых перспективных способов и устройств электронно-ионной технологии для получения активированных твердо- и жидкофазных компонентов дорожных бетонов;

– разработка ресурсосберегающих технологий строительных и дорожно-строительных материалов на основе системного анализа и оптимизации затрат тепловой энергии;

– разработка основ комплексной индустриализации производства асфальтобетонных смесей на основе централизованного приготовления капсулированного битума, гранулированного асфальтоявляющего и новой газовой технологии на АБЗ.

По этим научным направлениям защищены 2 докторские и 5 кандидатских диссертаций, получено более 10 патентов на изобретения (доктора технических наук: Бусел А. В., Веренько В. А.; кандидаты технических наук: Кравченко С. Е., Евсиков Н. И., Акулич А. В., Баховчук А. П., Чистова Т. А.).

2. Вторая научная школа охватывает проблемы диагностики автомобильных дорог и управления их качеством. Руководитель – доктор технических наук, проф. Леонович Иван Иосифович.

В результате исследований по этому направлению защищены кандидатские диссертации С. В. Богдановичем и И. В. Нестеровичем, Е. В. Кашевской.

В аспирантуре и докторантуре кафедры обучались и обучаются многие специалисты, которые, получив ученые степени, работают в высших учебных заведениях и научно-исследовательских учреждениях Республики Беларусь. Так, например, докторантом кафедры были Бусел А. В., Кашевская Е. В.; аспирантуру закончили Куприянич А. А., Яцевич И. К., Куделко М. Я., Вдовиченко С. Л., Шумчик К. Ф., Дерман И. В., Раковец Л. Д., Карлович Н. И., Вербилло И. Н., Евсиков Н. И., Баховчук А. П., Одерихо А. П., Жидок А. М., Жуковин М. Г., Цыганок Ю. М., Игошкина А. Ю., Климбасов А. В., Чистова Т. А., Нестерович И. В., Богданович С. В., Будниченко С. С. и др.

Профессорско-преподавательский состав кафедры «Проектирование дорог» после ее создания был сформирован за счет сотрудников кафедры «Дорожное строительство», преподававших учебные

дисциплины, связанные с проектированием автомобильных дорог. На кафедре «Проектирование дорог» перешли доцент Л. П. Лебедев, к.т.н. доцент М. Я. Куделко, к.т.н. Д. Д. Селюков, к.т.н. доцент И. К. Яцевич, ассистент В. В. Малиновский, ассистент В. А. Веренько. В последующие годы состав кафедры пополнялся за счет выпускников специальности «Автомобильные дороги», окончивших Белорусский политехнический институт. Определенный период времени на кафедре работали преподаватели Д. В. Загорский, М. С. Попова, А. А. Беленков.

Первым заведующим кафедрой был к.т.н. доцент Куделко Михаил Яковлевич (1978–1983 гг.). В дальнейшем кафедрой руководили: к.т.н. доцент Яцевич Иван Климентьевич (1983–2005 гг.) (рис. 4.9), д.т.н. профессор Веренько Владимир Адольфович (2006–2007 гг.) (рис. 4.10), к.т.н. доцент Мытько Леонид Романович (2007–2019 гг.) (рис. 4.11).

Кафедра «Проектирование дорог» обеспечивала подготовку студентов факультета транспортных коммуникаций по специальностям: 1-70 03 01 «Автомобильные дороги», 1-70 03 02 «Мосты, транспортные тоннели и метрополитены» и 1-27 01 01 «Экономика и организация производства», направление «Автодорожное хозяйство».



Рис. 4.9. Иван Климентьевич Яцевич



Рис. 4.10. Владимир Адольфович Веренько



Рис. 4.11. Леонид Романович Мытько

По специальности «Автомобильные дороги» кафедра «Проектирование дорог» обеспечивала подготовку по дисциплинам: «Проектирование автомобильных дорог», «Городские улицы и дороги», «Автоматизированное проектирование автомобильных дорог», «Надежность автомобильных дорог», «Реконструкция автомобильных дорог», «Информатика».

По специальности «Мосты, транспортные тоннели и метрополитены» на кафедре «Проектирование дорог» студенты изучали дисциплины «Проектирование мостовых переходов» и «Проектирование и строительство дорог».

С развитием кафедры менялись штатные расписания, приходили новые сотрудники, происходило повышение сотрудников в должностях. Так, если в годы создания кафедры в составе профессорско-преподавательского коллектива было 12 человек, а учебно-вспомогательного – 4 человека, то сейчас штатным расписанием предусмотрена численность профессорско-преподавательского состава 23, а учебно-вспомогательного персонала – 6 человек. Кроме того, для учебной работы привлекаются некоторые сотрудники других организаций на условиях почасовой оплаты.

Научная работа кафедры длительное время выполнялась в направлении повышения долговечности асфальтобетона в покрытии нежестких дорожных одежд, безопасности дорожного движения. По этому направлению были защищены кандидатские диссертации Малиновским Владимиром Васильевичем «Исследование деформационной устойчивости песчаного асфальтобетона» (руководитель И. К. Яцевич), Веренько Владимиром Адольфовичем «Исследование деформационной устойчивости дегтебетона» (руководитель И. К. Яцевич), Шумчиком Виктором Касперовичем (руководитель В. А. Веренько), Абдель Баги (Судан) «Исследование сдвигоустойчивости асфальтобетонных покрытий в условиях Судана» (руководители Я. Н. Ковалев, И. К. Яцевич), Танка Прасад (Непал) (руководитель В. В. Малиновский), Занковичем Виталием Валерьевичем (руководитель В. А. Веренько), а также докторская диссертация Владимиром Адольфовичем Веренько «Бетоны на органо-минеральных вяжущих. Теория и практика применения» (1998 год).

В соответствии с приказом от 26.10.2018 № 8447 «О совершенствовании структуры БНТУ» кафедры реорганизованы путем объединения кафедры «Строительство и эксплуатация дорог» с кафедрой «Проектирование дорог» в кафедру «Автомобильные дороги» с 11.02.2019 г.

В период с 2019 по 2021 год кафедрой заведовал кандидат технических наук, доцент Сергей Иванович Зиневич (рис. 4.12).



Рис. 4.12. Сергей Иванович Зиневич

С 2021 года кафедру возглавляет Елена Петровна Ходан (рис. 4.13).

Работа кафедры «Автомобильные дороги» развивается в соответствии с Положением о высшей школе, учетом научно-технического прогресса дорожной отрасли и требованиями, которые предъявляются к современным инженерам, и поддерживает традиции, сформировавшиеся за десятилетия. Совершенствуется методика преподавания и организации учебной работы, поддерживаются и развиваются связи с производственными организациями страны.



Рис. 4.13. Елена Петровна Ходан

Кафедра постоянно работает над обновлением учебных программ и методических пособий. Совместно с другими кафедрами кафедры «Автомобильные дороги» участвует в разработке стандартов и учебных планов по специальностям дорожно-транспортного цикла. По мере учебно-информационной и организационной необходимости систематически обновляются учебные программы. Кафедра осуществляет руководство курсовым, дипломным проектированием и следующими практиками: геологической, технологической, инженерной, преддипломной.

В течение многих лет кафедра подготовила сотни инженеров-дорожников (в том числе около 100 из числа иностранных граждан). За последние годы (2004–2023 гг.) подготовлено более 2000 инженеров по специальности «Автомобильные дороги». При этом 70 выпускников получили диплом с отличием.

Научные исследования, проводимые на кафедре, связаны с проблемами дорожной отрасли и направлены на обеспечение качества дорожно-строительных материалов, совершенствование технологии строительства, содержания и ремонта автомобильных дорог, улучшение технических, технико-эксплуатационных и транспортных характеристик дорожной сети, повышение экологической и транспортной безопасности дорог страны.

При проведении исследований и организации учебного процесса кафедра поддерживает тесные учебно-научно-производственные контакты с государственными предприятиями «БелдорНИИ», «Белдорцентр», «Белгипродор», университетами Беларуси (БГУ, БГТУ, БелГУТ, Белорусско-российским университетом и др.), облдорстроевыми, автодорами, дорожно-строительными трестами, дорожно-ремонтно-строительными управлениями и другими организациями дорожного хозяйства.

Кафедра сотрудничает также с учебными заведениями и научными центрами России, Украины, Узбекистана, Польши, Литвы.

Открытие кафедры «Дорожное строительство» в 1958 году послужило поводом для открытия факультета гидротехнического и дорожного строительства (ФГДС) Белорусского политехнического института. В дальнейшем, в связи с возросшими задачами по развитию сети автомобильных дорог в Беларуси и, соответственно, необходимостью увеличения количества инженеров-дорожников в 1978 году был образован отдельный факультет дорожного строи-

тельства (ФДС). В 1998 году, в связи с расширением перечня специальностей по подготовке инженеров, факультет дорожного строительства был переименован в факультет транспортных коммуникаций (ФТК) (приказ БГПА № 31-п от 14.04.98 г.).

На протяжении многих лет факультетом (в разных наименованиях) последовательно руководили деканы: С. П. Михайлов, Р. Ф. Таканаев, А. Г. Петрович, И. А. Голубев, И. Н. Вербило, А. В. Бусел, С. Е. Кравченко (рис. 4.14–4.19).



Рис. 4.14. Савва Павлович Михайлов



Рис. 4.15. Рустэм Фатихович Таканаев



Рис. 4.16. Александр Григорьевич Петрович



Рис. 4.17. Иван Архипович Голубев



Рис. 4.18. Иосиф Николаевич Вербило





Рис. 4.19. Алексей Владимирович Бусел

Для Республики Беларусь подготовлено 4 доктора технических наук, 15 кандидатов технических наук, более 15 000 специалистов. Для зарубежных стран (Вьетнам, Непал, Сирия, Йемен, Судан, Конго и др.) подготовлено более 2000 специалистов.

Научные исследования проводятся на базе научно-исследовательских лабораторий и центров: дорожно-строительных и гидроизоляционных материалов; мостов и инженерных сооружений; механизации и автоматизации дорожно-строительного комплекса.

Основными направлениями деятельности Центра научных исследований и испытаний дорожно-строительных и гидроизоляционных материалов являются:

- проведение комплекса научно-исследовательских работ в области дорожного строительства с учетом требований заказчика;
- разработка новых дорожно-строительных материалов с заданными свойствами и уровнями надежности;
- исследования и разработка научно-обоснованных методов оценки свойств дорожно-строительных материалов;
- разработка конструкций дорожных покрытий и одежд с учетом климатических и транспортно-эксплуатационных особенностей района строительства, обеспечивающих повышение долговечности и снижение материалоемкости;
- исследования и диагностика материалов дорожных покрытий с целью оптимизации вида ремонтных мероприятий (мероприятий содержания) и сроков их проведения;

– установление причин появления тех или иных видов дефектов дорожных покрытий и выработка способов их устранения;

– оценка надежности эксплуатируемых дорожных покрытий и определение их прогнозных сроков службы в конструктивных слоях дорожных одежд;

– разработка программных комплексов по расчету дорожных конструкций, а так же по проектированию составов асфальтобетонных смесей, по оптимизации ремонтных мероприятий (мероприятий содержания);

– научное сопровождение и технический контроль в процессе реализации дорожно-строительных проектов на стадиях строительства, реконструкции, капитального ремонта, текущего ремонта и содержания;

– разработка нормативных документов.

За последние годы Центр принимал участие в следующих значимых научных заданиях и программах: программа «Модернизация улично-дорожной сети г. Минска»; государственная научно-техническая программа «Ресурсосбережение», государственная программа научных исследований «Строительные материалы и технологии», Международный проект, программы научно-технического сотрудничества между Республикой Беларусь и Китайской Народной Республикой.

Основные результаты проделанной работы:

1. Научное сопровождение работ по внедрению щебеночно-мастичных асфальтобетонных смесей для устройства дорожных покрытий.

2. Разработка требований и показателей трещиностойкости асфальтобетона с учетом реологических свойств и фактических температурных воздействий Республики Беларусь.

3. Научное сопровождение проектирования и устройства асфальтобетонных покрытий на жестком (цементобетонном) основании.

4. Разработка методики расчета нежестких дорожных одежд на повышенные нагрузки, обеспечивающей их устойчивость к сдвиговым деформациям в основании и покрытии.

5. Исследования методов диагностики дорожно-строительных материалов при ремонте и содержании автомобильных дорог и исследования влияния сроков службы дорожно-строительных материалов в реальных условиях на их физико-химические свойства.

6. Исследования влияния современных транспортных нагрузок на асфальтобетонные покрытия.

7. Разработка методики диагностики материала дорожного покрытия.

8. Исследование процессов старения асфальтобетона с разработкой мероприятий по их замедлению.

9. Исследование влияния форм, размеров и состояния поверхности крупного заполнителя на долговечность асфальтобетона и цементобетона.

10. Исследование и разработка правил подбора составов асфальтобетонных смесей.

11. Исследование влияния различной жесткости и положения конструктивных слоев при расчетах и конструировании дорожной одежды повышенной деформационной устойчивости.

Центр обладает всем необходимым оборудованием для выполнения испытаний в соответствии с областью аккредитации.

В ЦНИИ ДСГМ разработаны собственные программные средства, среди них: RDO и RDO2 для расчета конструкций дорожных одежд согласно действующим нормативным документам; модуль RDORemont для расчета характеристик материалов старой дорожной одежды и назначения вида ремонтных работ; программный комплекс «AcTon» для проектирования составов асфальтобетона с максимальным уровнем надежности; программный комплекс «Nomoread» для расчета дорожных одежд повышенной деформационной устойчивости на прочность; программный комплекс «StoneBox», позволяющий генерировать структуру асфальтобетонных смесей, для проведения дальнейших расчетов напряженно-деформированного состояния и построения линий сдвига.

Основными направлениями деятельности научно-исследовательской лаборатории мостов и инженерных сооружений являются:

- исследование технического состояния наземных и подземных сооружений;

- изучение воздействия различных факторов на инженерные сооружения;

- исследование состояния транспортных сооружений с целью пропуска тяжеловесных, сверхнормативных и крупногабаритных транспортных средств;

- теоретическое исследование работы элементов инженерных сооружений с применением современного программного обеспечения;
- теоретическое и экспериментальное исследование работы элементов мостовых конструкций на моделях и в полевых условиях.

Основные результаты проделанной работы:

Разработаны эластичные армированные композиционные материалы и технология их применения с повышенной устойчивостью к деформациям в швах на мостах и путепроводах, среди потребителей – РУП «Витебскавтодор».

Разработан состав и способ приготовления ремонтного бетона с использованием добавки ОГ, среди потребителей – ОАО «Мостострой».

Разработана методика оценки существующего напряженно-деформированного состояния пролетных строений мостовых сооружений с учетом повреждений конструкций, среди потребителей – РУП «Минскавтодор-Центр».

Работники НИЛ МИС участвовали в реализации ГПНИ «Строительные материалы и технологии 58», ГНТП «Ресурсосбережение, новые материалы и технологии–2015».

Выполняются хозяйственные договора по заказу РУП «Минскавтодор-Центр», РУП «Витебскавтодор», РУП «Гродноавтодор», РУП «Могилевавтодор», РУП «Гомельавтодор», РУП «Бреставтодор», ОАО «Минскметропроект», КУП «Витебскоблдорстрой», КУП «Минскоблдорстрой», НПУП «Стройреконструкция, ГУ «Объединение Минскмелиоводхоз», ГУ «Национальная библиотека Беларуси» и других организаций.

Основными направлениями деятельности научно-исследовательской лаборатории механизации и автоматизации дорожно-строительного комплекса являются:

- разработка системы машин под перспективные дорожно-строительные технологии и материалы и создание конкретных машин в соответствии с разрабатываемой системой;

- исследование процессов получения вторичных продуктов из ТКО с разработкой конструкций технических средств и нормативной базы;

- научно-исследовательские работы по безопасной эксплуатации кранов, разработка нормативных документов по кранам, проведение экспертизы проектов по вновь разработанным и модернизированным

ным кранам (до проведения приемочных испытаний), участие в приемочных испытаниях кранов, проведение экспертизы кранов, в том числе приобретаемых за рубежом, проведение обследований кранов, в том числе с истекшим сроком службы, участие в расследовании аварий кранов;

– исследование процессов и основных закономерностей электрохимической кристаллизации сплавов и композиционных материалов и разработка покрытий различного функционального назначения;

– исследование и разработка дисперсных и ферромагнитных абразивных композиционных материалов, в том числе для инструментальной промышленности;

– исследование и разработка технологии получения алмазных паст и суспензий для операций финишного полирования различных материалов и изготовление алмазных паст и суспензий для предприятий Республики Беларусь

Основные результаты проделанной работы:

Работники НИЛ МАДСК участвовали и участвуют в реализации 20 заданий ГПНИ (ГПНИ «Функциональные и композиционные материалы, наноматериалы»; ГПНИ «Механика, техническая диагностика, металлургия»; ГПНИ «Конвергенция», ГПНИ «Физическое материаловедение, новые материалы и технологии»); 4 заданий ГНТП (ГНТП «Алмазы», ГНТП «Новые материалы и технологии – 2010», ГНТП «Строительные конструкции, материалы и технологии»).

Дорожная наука в Беларуси получила свое развитие не только в вузовском статусе. Так, в системе Министерства транспорта и коммуникаций Республики Беларусь функционирует Белорусский дорожный научно-исследовательский институт «БелдорНИИ».

Развитие дорожных исследований в Беларуси неразрывно связано с СоюздорНИИ, который был создан в СССР в 1926 году. В 1928 году при Главдортрансе БССР было образовано дорожно-исследовательское бюро (ДИБ). С образованием в 1930 году Центрального научно-исследовательского института автодорожного транспорта (ЦИАТ) в Минске на базе ДИБ создан его филиал – Белорусский государственный институт автодорожного транспорта (БелГИАТ). В 1936 году после организации в Москве на базе ЦдорНИИ Дорожного научно-исследовательского института (ДорНИИ) БелГИАТ был переименован в БелдорНИИ и просуществовал до Великой Отечественной войны.

С 1946 года при Ушосдоре БССР функционировала дорожно-испытательная станция (ДИС) по испытанию дорожно-строительных материалов и их внедрению в строительство дорог.

*1960 год.* Постановлением Совета Министров БССР № 241 от 29 апреля 1960 года в системе Гушосдора при Совете Министров БССР создан Белорусский дорожный научно-исследовательский институт (БелдорНИИ), продолживший традиции исследований, начатых в дорожной отрасли довоенного периода.

*1976 год.* Постановлением Совета Министров БССР № 229 от 8 августа 1976 года создано НПО «Дорстройтехника». Первоначально в его состав вошли проектный институт «Белгипродор» как головная организация, научно-исследовательский институт БелдорНИИ, проектно-технологический трест «Оргдорстрой», дорожно-строительный район № 31 и дорожно-эксплуатационный участок № 718 в г. Березино. В 1980 году проектный институт «Белгипродор» был выведен из состава объединения, а головной организацией НПО «Дорстройтехника» определен институт БелдорНИИ.

*1992 год.* Приказом Миндорстроя Республики Беларусь № 30 от 23 июня года НПО «Дорстройтехника» реорганизовано в институт «Дорстройтехника». Из объединения выделились и стали самостоятельными Белорусский дорожный научно-исследовательский и проектно-технологический институт «Дорстройтехника» (ранее БелдорНИИ), машиностроительная и конструкторская фирма «Белдортехника» (ранее трест «Оргдорстрой»), производственно-технологическая фирма «Мадикор» (на основе производственной базы НПО «Дорстройтехника» в г. Березино).

*1993 год.* Приказом Миндорстроя Республики Беларусь № 43 от 30 сентября 1993 года институт «Дорстройтехника» и производственно-технологическая фирма «Мадикор» введены в состав НПО «Белавтодорпрогресс».

*1999 год.* Приказом Комитета по автомобильным дорогам № 243 от 1 декабря 1999 года НПО «Белавтодорпрогресс» преобразовано в РУП «БелдорНИИ».

*2005 год.* Приказом Министерства транспорта и коммуникаций Республики Беларусь от 3 июня 2005 года № 152-ц РУП «БелдорНИИ» реорганизовано в филиал «Институт дорожных исследований» РУП «Белдорцентр».

2007 год. Приказом Министерства транспорта и коммуникаций Республики Беларусь от 19 сентября 2007 года № 447-ц произведено выделение из состава РУП «Белдорцентр» филиала «Институт дорожных исследований» с созданием на его базе республиканского дочернего унитарного предприятия «Белорусский дорожный научно-исследовательский институт БелдорНИИ» и присоединением к нему филиала опытно-экспериментального производства «Мадикор».

*Основные достижения института.*

В период 1962–1971 гг. в БелдорНИИ была создана материально-техническая база, укомплектованы кадры, в том числе и высшей квалификации, заложены научные основы в области земляного полотна и дорожных одежд, новых дорожно-строительных материалов и технологий, мостовых сооружений.

В научной тематике проблема использования местных материалов для строительства и ремонта автомобильных дорог занимала ведущее место.

Были изучены особенности укрепления полесских мелкозернистых одномерных песков и других наиболее характерных для БССР грунтов. Исследования, проведенные в БелдорНИИ, доказали возможность использования слабых грунтов (кроме текучих) независимо от вида покрытия, нагрузок и интенсивности движения (И. Е. Евгеньев, В. Н. Яромко, В. Е. Сеськов, Н. Д. Банников, В. В. Штабинский). Материалы этих исследований вошли в союзный документ «Методические указания по проектированию земляного полотна на слабых грунтах» (Оргтрансстрой, 1968), разработанный в СоюздорНИИ и ЦНИИС.

В БелдорНИИ впервые в Советском Союзе был проведен комплекс экспериментально-теоретических исследований работы земляного полотна и дорожных одежд автомобильных дорог на болотах при статическом и динамическом действии транспортной нагрузки (В. Н. Яромко). Были разработаны «Методические рекомендации по учету воздействия транспортной нагрузки при проектировании автомобильных дорог на болотах», Минск, 1972.

В. Д. Ставицкий продолжил начатые Е. Я. Мамлиным и Л. С. Куцман исследования по применению битумных эмульсий в дорожном строительстве БССР, были разработаны «Временные технические указания по устройству покрытий из асфальтобетонных смесей на эмульсиях».

Было выполнено районирование БССР по условиям снегоборьбы на дорогах, установлены расчетные объемы снегоприноса (В. Е. Карышев и В. А. Пастернацкий).

Была создана первая дорожно-исследовательская ходовая лаборатория БелдорНИИ (А. Н. Нечаев, В. Н. Яромко, И. А. Орехов).

В отделе искусственных сооружений БелдорНИИ начаты исследования по совершенствованию конструкций пролетных строений мостов, организована мостоиспытательная лаборатория для определения грузоподъемности существующих мостов. Выполнен цикл исследований по определению грузоподъемности и разработке методов усиления железобетонных автодорожных мостов (А. М. Кузнецов, П. В. Золотов, К. З. Галустов, В. Г. Самарина, В. С. Лейтес, Г. А. Малаховский) и разработано методическое пособие по выявлению и устранению дефектов в железобетонных автодорожных мостах (В. В. Черкасов).

В 1972–1975 годах впервые проведены исследования воднотеплового режима земляного полотна и дорожных одежд с целью учета особенностей природных условий при проектировании дорог (Р. З. Порицкий, В. П. Корюков, А. Л. Горелик). Предложено дорожно-климатическое районирование территории республики и разработаны методы прогнозирования расчетных показателей земляного полотна с учетом природных условий.

Для повышения безопасности движения создана методика определения допускаемых безопасных скоростей автомобилей в зависимости от транспортно-эксплуатационных показателей существующих дорог (А. Н. Нечаев, И. А. Орехов). Обоснованы новые нормы сроков службы асфальтобетонных покрытий между средними ремонтами по категориям дорог с учетом перспективной интенсивности движения (В. Е. Карышев, В. А. Пастернацкий).

В отделе искусственных сооружений разработаны «Методическое руководство (в развитие Инструкции ВСН 122-65) по определению грузоподъемности железобетонных балочных пролетных строений автодорожных мостов» (П. В. Золотов, Ф. М. Шакай, В. И. Раковец, Г. А. Малаховский) и тавровая пустотная конструкция с использованием складывающегося пустотообразователя для малых пролетных строений мостов длиной 12 метров (К. З. Галустов, А. С. Мацкевич).



Разработана первая в СССР отраслевая автоматизированная система управления строительством автомобильных дорог (АСУСДор). Были составлены методические указания по структуре и составу типовой ОАСУ строительством и эксплуатацией дорог (Л. И. Виноградов, В. А. Хартон, Н. Е. Коновалов, Г. В. Микулич, В. В. Лисовский).

При строительстве нефтепромысловых дорог в Западной Сибири тресту «Белнефтедорстрой» постоянно оказывалась научно-техническая помощь. Была разработана и внедрена технология ускоренного строительства нефтепромысловых дорог на болотах (В. Н. Яромко, А. В. Широких).

Для детального изучения влияния особенностей природно-климатических условий республики на работу дорожных одежд построена Витебская дорожно-исследовательская станция, наблюдения на которой проводились с 1975 по 1980 год. Получены данные о влиянии капилляропрерывающих изолирующих прослоек на влагонакопление грунтов земляного полотна, а теплоизолирующих прослоек – на глубину и скорость промерзания грунтов (Р. З. Порицкий, Ф. С. Бутер, В. П. Корюков).

Для повышения коррозионной устойчивости асфальтобетонных покрытий широкое применение в качестве ПАВ получили кубовые остатки алифатических аминов С17–С20. Все асфальтобетонные смеси для верхнего и нижнего (при стадийном строительстве) слоев выпускались с добавками катионных ПАВ (Л. С. Измайлова, Г. Н. Козлов).

Были разработаны технологии получения битумного вяжущего с использованием резиновой крошки с применением ароматических масел и путем совместного окисления гудрона и резиновой крошки (Л. С. Измайлова, В. Н. Мацкевич, Т. А. Новицкая).

В 1980–1991 годах возобновлены работы по применению битумных эмульсий (И. Н. Петухов, Г. В. Чепцов, Г. Н. Козлов, Н. И. Евсиков, О. Н. Недолугин). Их выпуск организовали на экспериментальной установке опытно-экспериментальной базы НПО «Дорстройтехника» в Мартияновке (Березинский район). Эмульсии катионного типа готовили на основе первичных алифатических аминов С12–С20. Они применялись в основном для устройства тонких слоев из эмульсионно-песчаных смесей.

Широкое распространение получили укрепленные основания. Была исследована возможность укрепления гравийно-песчаных ма-

териалов известью (Н. Л. Лемец, Р. И. Петрашевский). Более эффективными для устройства укрепленных оснований оказались золы-уноса эстонских ТЭЦ. За внедрения этой разработки коллектив строителей республики и сотрудники БелдорНИИ И. Н. Петухов и Д. М. Марковка удостоены премии Совета Министров БССР.

В республике стала внедряться технология устройства оснований из тощего бетона на дорогах I и II категорий (Ф. Я. Ковалев, В. В. Киселев).

Для укрепления верхней части земляного полотна и устройства конструктивных слоев дорожной одежды стали применять гидрофобизированные грунты. В качестве гидрофобизаторов использовались водные растворы ПАВ на основе первичных алифатических аминов С17–С20 (И. Н. Петухов, Д. М. Марковка, В. В. Киселев).

Разработаны составы и технология укрепления мелких песков Западной Сибири с помощью нефти с целью укрепления оснований дорог к нефтедобывающим районам (В. Н. Мацкевич, Л. Ф. Веревская).

Разработана технология устройства оснований из доломитового щебня месторождения «Руба» (Л. Ф. Веревская, В. А. Кушинский).

Для разметки дорог начал широко применяться разработанный в БелдорНИИ термопластик ТР-1 (Е. И. Тишин, В. А. Пастернацкий).

В мостостроении (А. И. Мордич, П. В. Золотов, Н. Н. Маркевич, Н. В. Завадская) для пролетов длиной 9 метров были разработаны предварительно напряженные ребристые плиты. Для пролетов длиной от 12 до 21 метра были разработаны ребристые пролетные строения из балок со смешанным армированием. Широкое применения в республике получили разработанные в БелдорНИИ опорные части из литьевого полиуретана.

Была разработана технология скоростного строительства тонкослойных цементобетонных покрытий на местных и сельскохозяйственных дорогах с применением высокопроизводительных бетоноукладчиков со скользящими формами американской фирмы «Гомако» (В. П. Корюков, А. Л. Горелик, В. В. Киселев).

Широкое применение получили конструкции дорожных одежд на укрепленных основаниях с однослойными асфальтобетонными покрытиями на дорогах местного значения (В. П. Корюков, Д. М. Марковка).

Ряд разработок БелдорНИИ вошли в общесоюзные документы:

– «Пособие по проектированию земляного полотна автомобильных дорог на слабых грунтах к СНиП 2.05.02.-85» (Стройиздат, 1989);

– «Инструкция по уширению автодорожных мостов и путепроводов. ВСН 51-88» / Минавтодор РСФСР (Транспорт, 1990).

В период с 1992 по 2001 годы впервые в Республике Беларусь и в странах бывшего Советского Союза при научном сопровождении «БелдорНИИ» осуществлено широкомасштабное внедрение холодных технологий устройства конструктивных слоев дорожных покрытий и защитных слоев с использованием катионных битумных эмульсий (И. Н. Петухов, Н. В. Радьков).

В 1997 году в Копыльском и Червенском районах Минской области под руководством «БелдорНИИ» была организована школа передового опыта по применению битумных эмульсий для устройства поверхностных обработок и гравийно-эмульсионных покрытий.

В республике было введено 25 эмульсионных заводов при непосредственном участии специалистов «БелдорНИИ» (Н. В. Радьков, М. Г. Жуковин).

Специалистами института разработаны все проектные и нормативно-технические документы по битумным эмульсиям и холодным технологиям для республики, а также запроектированы и введены в эксплуатацию эмульсионные заводы в Украине (3 завода) и Российской Федерации (4 завода).

В 1996 году в КУП «Витебскоблдорстрой» выпущена первая опытная партия модифицированного битума на основе полимерной добавки ДСТ-30 (СБС) и построены опытные участки с применением этого вяжущего в асфальтобетоне и для устройства мембраны при ремонте цементобетонного покрытия. По мембране уложен слой дренажного асфальтобетона (Н. В. Радьков, В. А. Кушинский).

В 1998 году разработана мембранная технология ремонта жестких покрытий автомобильных дорог и искусственных сооружений (В. А. Кушинский).

При укреплении откосов земляных сооружений геосинтетические материалы стали использоваться в качестве защитной прослойки и обратного фильтра, что в комбинации с ботовыми кольцами (отход переработки изношенных шин) позволило в ряде случаев заменить капитальное покрытие из бетонных плит. Нашел широкое применение при укреплении земляных сооружений и геотекстиль с семенами трав (В. В. Штабинский).

Результаты многолетних исследований нашли отражение в разработанном «Пособии по проектированию дорожных одежд нежест-

кого типа» и «Рекомендациях по повышению устойчивости и надежности цементобетонных покрытий» (В. П. Кориюков).

В области мостостроения ведутся исследования, направленные на использование демонтированных тавровых балок с диафрагмами в качестве монтажных элементов при строительстве и реконструкции неразрезных сборных железобетонных конструкций (П. В. Золотов, А. Г. Пастушенко), разработку конструкций плит и балок с напрягаемой стеклопластиковой арматурой для сборных пролетных строений длиной 6–12 метров (О. М. Вайтович). Систематически испытываются и обследуются сооружения на автомобильных дорогах (А. Ф. Головнев).

Начиная с 1995 года в дорожной отрасли Беларуси стало развиваться новое направление в организации и проведении дорожных работ – научное сопровождение при строительстве сложных и ответственных дорожных объектов. Толчком к созданию этого направления послужило проведение работ по модернизации автомобильной дороги М1/Е30 Брест–Минск–граница России.

Разработаны основные технические решения и технология работ по ремонту монолитных цементобетонных покрытий (содержание, текущий и капитальный ремонт дорог (В. Н. Яромко)).

В 2002–2012 гг. проводились научно-практические исследования, связанные с решением наиболее важных проблем дорожного хозяйства, по следующим основным направлениям:

- повышение качества дорожно-строительных материалов, разработка альтернативных вяжущих и бетонов;
- разработка и применение технологий, конструкций и материалов для строительства, ремонта и содержания автомобильных дорог;
- строительство, ремонт и содержание мостов;
- повышение безопасности дорожного движения, охрана окружающей среды и улучшение условий охраны труда;
- разработка и совершенствование нормативно-технического обеспечения дорожной деятельности.

Государственным предприятием «БелдорНИИ» разработан или адаптирован к условиям Республики Беларусь ряд новых технологий и материалов, которые прошли производственную апробацию и внедрены в дорожном хозяйстве.

Разработана технология приготовления и устройства щебеночно-мастичных асфальтобетонных смесей с применением целлюлоз-

ного волокна (В. А. Кушинский, В. К. Шумчик, Д. Г. Игошкин). Впервые в РБ данная технология была внедрена в 2002 г. при реконструкции МКАД.

Оказана научно-техническая помощь в освоении технологии приготовления и укладки щебеночно-мастичного асфальтобетона в Курской и Брянской областях Российской Федерации, в Украине при капитальном ремонте автомобильной дороги Киев–Борисполь (В. А. Кушинский, Д. Г. Игошкин, Д. Л. Сериков), а также в организации производства битумополимерных мастик для ремонта и герметизации трещин (В. Б. Барковский, В. В. Асташко, Л. В. Меньшова, Д. Л. Сериков, В. А. Кушинский).

В 2006–2007 гг. КУП «Брестоблдорстрой» при научно-техническом сопровождении государственного предприятия «БелдорНИИ» внедрена современная энергосберегающая технология устройства покрытий из ЭМС с ускоренным сроком формирования (М. Г. Жуковин).

В 2006 г. проведены экспериментальные работы по усилению пролетных строений моста с уширением габарита приближения конструкций при капитальном ремонте моста через реку Поня (О. М. Вайтович, А. Г. Пастушенко). Усиление осуществлено посредством устройства железобетонной монолитной накладной плиты поверх существующих балок с включением ее в совместную работу с указанными балками с помощью анкеров.

Разработаны технология приготовления и применения бетонов высокой морозостойкости и коррозионной стойкости и энергосберегающая технология изготовления сборных железобетонных мостовых конструкций в мостовом строительстве (В. В. Киселев).

Для ямочного ремонта асфальтовых покрытий дорог, мостов, городских улиц, дворовых территорий, мест парковок автомобилей разработана складываемая органоминеральная смесь (М. Г. Жуковин, Н. В. Радьков). Такая смесь позволила выполнять работы по ремонту покрытий в зимний период в сухую погоду при температуре воздуха не ниже минус 20 °С.

В этот период разрабатываются холодные литые асфальтобетонные смеси (М. Г. Жуковин, Н. В. Радьков). Холодные литые асфальтобетонные смеси применяются в качестве слоев износа, гидроизоляции и фрикционных слоев.

В 2007 г. адаптирована технология устройства тонких защитных слоев «Тонфриз», аналог европейской технологии «Novachip», и уст-

роены защитные слои на автомобильной дороге М1/Е30 (В. К. Шумчик, В. В. Зубович, Ю. М. Цыганок, Д. Л. Сериков).

Разработана технология устройства покрытия из жесткой вибролитой асфальтобетонной смеси, одновременно являющегося гидроизоляцией мостового полотна искусственных сооружений (В. А. Кушинский, С. Е. Кравченко).

Разработана ресурсо- и энергосберегающая технология холодного ресайклинга для усиления конструкций дорожных одежд, позволяющая при реконструкции дороги или ее ремонте эффективно использовать материалы существующей дорожной одежды, экономить энергоресурсы, минимизировать ущерб окружающей среде и снизить транспортные расходы (В. К. Шумчик, В. В. Штабинский).

Разработаны оптимальные технологические параметры приготовления и составы асфальтобетонной смеси со специальными добавками, позволяющими снизить температуру приготовления и уплотнения горячей асфальтобетонной смеси (Н. В. Радьков, О. И. Старостина, Д. Г. Игошкин).

Разработаны конструкции и технологии устройства дорожных одежд с использованием армирующих и разделяющих прослоек из геосинтетических материалов (В. В. Штабинский).

Разработаны составы асфальтобетонов, устойчивых к воздействию циклических нагрузок, для устройства несущих слоев покрытий в зоне растяжения (В. К. Шумчик, Д. Г. Игошкин).

Разработаны рекомендации по установке и ремонту тросового ограждения и СТБ на элементы системы тросового удерживающего ограждения. Проведены испытания тросовых удерживающих ограждений на полигоне в г. Димитров, которые подтвердили эффективность их применения на дорогах республики (С. В. Кабак, В. К. Хатовский).

Разработана технология устройства «шумовых полос» на автариинно-опасных участках автомобильных дорог общего пользования (А. В. Бусел, С. В. Кабак).

Разработана методика оценки напряженно-деформированного состояния пролетных конструкций больших мостов на международных транспортных коридорах (Д. А. Тромпель, О. М. Вайтович).

Разработаны материалы для оснований автомобильных дорог повышенной деформационной устойчивости, укрепленные цементом и модифицирующими добавками (Д. М. Марковка).

Разработаны конструктивные решения сводчатых пролетных строений мостовых сооружений под нагрузки А14 и НК-112 (О. М. Вайтович, А. А. Ткачев).

Разработана методика оценки процессов оттаивания земляного полотна по данным георадарных исследований, что позволило обоснованно устанавливать конкретные сроки введения и отмены сезонных ограничений движения грузовых автомобилей по автомобильным дорогам общего пользования. Использование нового оборудования позволит определять толщины конструктивных слоев и их однородность, прогнозировать места возникновения дефектов в покрытии (В. В. Климбасов).

Разработан ряд дорожно-строительных материалов, таких, как пропиточный состав для защиты бетона «Олекор» (Д. М. Марковка), лента битумная для сопряжения смежных полос асфальтобетонных покрытий автомобильных дорог (Д. Г. Игошкин) и устранения трещин в асфальтобетонных покрытиях (Ю. М. Цыганок), мастики герметизирующие битумно-эластомерные (Ю. М. Цыганок), гранулированное резинобитумное вяжущее (М. Г. Жуковин, В. Б. Барковский). Апробация и выпуск этих и других материалов осуществляются на опытно-экспериментальном производстве «Мадикор».

В 2011 г. государственное предприятие «БелдорНИИ» реализовало проект «Реконструкция опытно-экспериментального производства герметизирующих материалов и модифицированных вяжущих «Мадикор» д. Мартияновка Березинского района», включенный в инвестиционную программу Департамента «Белавтодор». В декабре 2011 года объект был введен в действие и была выполнена отраслевая программа инновационного развития Министерства транспорта и коммуникаций РБ на 2011–2012 гг. в части строительства нового производства для изготовления резинобитумного вяжущего. В 2012 году с использованием гранулированного резинобитумного вяжущего устроено асфальтобетонное покрытие на автомобильной дороге М-4 Минск – Могилев: км 131,336 – 140,7; км 140,7 – 150,0; км 160,5 – 167,0.

В 2011 году с участием ГП «БелдорНИИ» разработан, согласован и утвержден технический регламент Таможенного союза ТР ТС 014/2011 «Безопасность автомобильных дорог».

Дочернее предприятие «Мадикор» начало выпускать гранулированное резинобитумное вяжущее.

Освоено производство и внедрение полужестких материалов на основе асфальто- и цементогранулятов для восприятия повышенной транспортной нагрузки.

Проведены исследования по использованию методики SUPER-PAVE для создания асфальтобетонов, устойчивых к воздействию транспорта и погодных климатических факторов.

Разработана технология восстановления местных дорог с применением цементов и модифицирующих добавок.

Внедрены технологии массового строительства бетонных покрытий на основе цементов производства Республики Беларусь.

Принято участие в разработке Концепции обеспечения безопасности дорожного движения в Республике Беларусь.

Разработаны основные направления предупреждающих мероприятий по управлению безопасностью дорожного движения.

Разработаны и внедрены проекты рамных и неразрезных мостов с применением монолитного бетона с минимальным количеством деформационных швов.

Реализованы проекты стальных мостов длиной до 42 метров для ликвидации аварийных ситуаций и устройства объектов.

Создана отраслевая мостовая лаборатория, оснащенная передовыми технологиями и оборудованием для обследования мостовых сооружений.

Деятельность БелдорНИИ тесно связана с факультетом транспортных коммуникаций. Так, на заре становления института свою трудовую карьеру там начинал Б. И. Ладыгин, проведя там первые масштабные исследования для нужд Беларуси. Директоры института А. В. Бусел и С. Е. Кравченко впоследствии стали деканами факультета транспортных коммуникаций, а доцент кафедры «Строительство и эксплуатация дорог» В. К. Шумчик – директором института.



## 5. ИЗЫСКАНИЯ И ПРОЕКТИРОВАНИЕ ДОРОГ

Автомобильная дорога как комплекс инженерных сооружений, предназначенный для движения с установленными скоростями, нагрузками и габаритами автомобилей различных групп и характеристик, является сложным техническим сооружением, требующим обоснованных проектных решений для успешной реализации проекта и последующей эксплуатации подобного рода объекта.

Для принятия проектного решения о технических параметрах автомобильной дороги или транспортного объекта (транспортная развязка, объект дорожного или придорожного сервиса) необходима основательная база сведений о местности, где планируется возведение объекта транспортной инфраструктуры, информация о возможном последующем развитии и модернизации этого объекта, а также стратегическая важность вновь проектируемого объекта в рамках транспортной сети отдельного региона или страны в целом.

В ходе изысканий собирают всю необходимую для будущего этапа проектирования информацию: геологическую, геодезическую, гидрологическую, климатическую, экономическую и другие ее составляющие, – которая может способствовать компетентному принятию проектных решений и последующему этапу строительства. При изысканиях необходимо не только выяснить условия строительства, но и изучить их влияние на будущий транспортный объект, сформировать проектные решения, которые будут способствовать рациональной эксплуатации объекта.

Автомобильные дороги проектируются на перспективный период 20 лет, чтобы в течении всего расчетного периода они могли отвечать потребностям большинства пользователей и в целом были комфортными и безопасными. Это означает, что расчетная **интенсивность, то есть количество автомобилей, проходящих через поперечное сечение автомобильной дороги в единицу времени**, на дороге будет ожидаться в конце 20-го года эксплуатации, а не в первый год после строительства. Расчетная (перспективная) интенсивность движения определяет в том числе класс и категорию проектируемого участка автомобильной дороги. Под **классом автомобильной дороги** понимается характеристика автомобильной дороги по функциональному назначению, условиям доступа и обеспечивае-

мому уровню обслуживания. **Категория автомобильной дороги** – это характеристика, определяющая технические параметры автомобильной дороги (рис. 5.1).



Рис. 5.1. Классы и категории автомобильных дорог

При назначении отдельных технических нормативов для автомобильной дороги руководствуются понятием **расчетной скорости**, которая характеризуется как скорость движения одиночного автомобиля при нормальных условиях погоды и сцепления шин автомобиля с поверхностью проезжей части, исходя из которой определяются параметры элементов автомобильной дороги, необходимые по условиям обеспечения безопасности движения при условии соблюдения правил дорожного движения.

По потребительским свойствам и условиям доступа на них транспортных средств автомобильные дороги делятся на следующие классы:

- автомагистрали;
- скоростные дороги;
- обычные дороги;
- дороги низших категорий.

К **автомагистралям** относят дороги, предназначенные для безопасного и бесперебойного движения транспортных потоков большой интенсивности с высокими скоростями на дальние расстояния.

Доступ на эти дороги отдельным видам транспортных средств, пешеходам и велосипедистам запрещен, а также приняты меры по предотвращению попадания на дорогу диких и домашних животных.

К **скоростным** дорогам относят дороги, на которые возможен доступ через отдельные примыкания в одном уровне без пересечения транспортных потоков прямого направления, при условии соответствия другим требованиям, предъявляемым к автомагистралям.

К **обычным** дорогам относят дороги, предназначенные для пропуска транспортных потоков средней и малой интенсивности по проезжей части с одной или несколькими полосами движения, доступ на которые возможен с пересечений и примыканий в одном и разных уровнях.

К дорогам **низших** категорий относят местные дороги общего пользования, внутрихозяйственные и подъездные дороги сельскохозяйственных предприятий, по которым среднегодовая суточная интенсивность движения не превышает 100 ед./сут.

Принимаемые проектные решения должны обеспечивать:

- организованное, безопасное и удобное движение транспортных средств с расчетными скоростями;
- однородные условия движения (исключающие необходимость резкого изменения режима движения);
- соблюдение принципов ландшафтного проектирования и зрительного ориентирования водителей и пешеходов;
- благоприятное психофизиологическое состояние водителей;
- удобное и безопасное расположение примыканий и пересечений, пешеходных переходов;
- необходимое и достаточное обустройство дороги.

За положение участка автомобильной дороги в пространстве отвечают проектные решения по плану трассы и продольному профилю. План и продольный профиль участков автомобильных дорог проектируется исходя из условий наименьшего ограничения и изменения скорости, обеспечения безопасности и удобства движения, возможности последующей реконструкции дороги за пределами перспективного периода.

При возведении и реконструкции трассу дороги проектируют с учетом принципов ландшафтного проектирования как плавную пространственную линию с взаимной увязкой элементов плана

и профиля между собой и с окружающим ландшафтом и оценкой их зрительного восприятия.

В качестве составляющих элементов плана и продольного профиля трассы дороги применяются кривые как постоянного, так и переменного радиуса линейной или нелинейной функции, а также прямые участки.

Дорога может подчинять рельеф местности, т. е. проектироваться по секущей, в насыпях и выемках (рис. 5.2), а может подчиняться рельефу местности – проектироваться по обертывающей, желательного в насыпях (рис. 5.3). Второй вариант лучше подходит для содержания дорог, а в сочетании с чередованием различных закруглений в плане делает ландшафт более живописным. Кстати, такой подход называется ландшафтным проектированием, к которому относится и дорожная архитектура, цель которой – вписать дорогу и ее элементы в окружающую среду естественным образом.



Рис. 5.2. Дорога подчиняет рельеф – проектирование и строительство по секущей

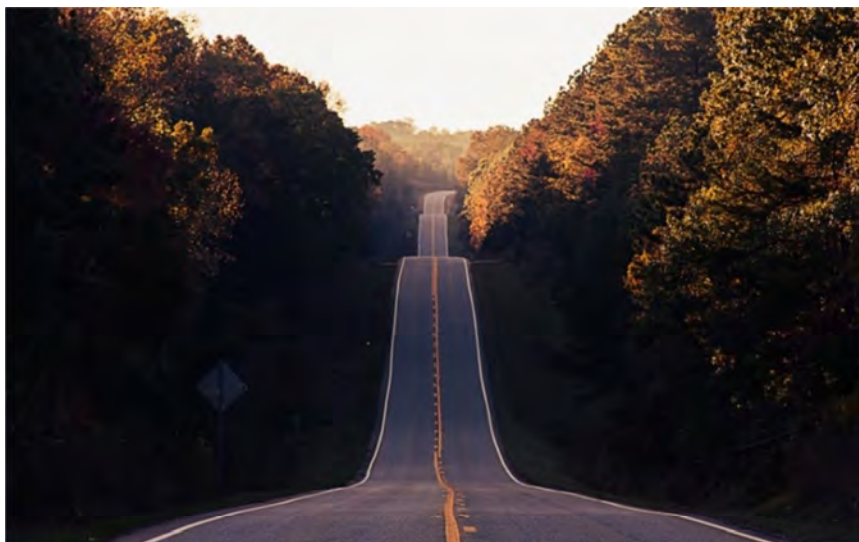


Рис. 5.3. Дорога подчиняется рельефу – проектирование и строительство по обертывающей

После окончания межремонтного срока, который определяется в зависимости от важности дороги и ее покрытия, проводится капитальный ремонт: дорога восстанавливается до первоначального состояния.

По истечении 20-летнего срока проводится реконструкция дороги: увеличиваются геометрические параметры (ширина проезжей части, радиусы кривых и др.), строятся транспортные развязки, в целом улучшаются условия дорожного движения.

Проектирование элементов дороги (в плане, продольном и поперечном) должно осуществляться на основе правильного понимания условий взаимодействия системы «водитель – автомобиль – дорога – среда». Фактический режим движения автомобиля зависит от многих факторов, наиболее важными из которых являются:

- динамические качества автомобиля;
- дорожные условия, обеспечивающие возможность развить ту или иную безопасную скорость движения;
- индивидуальные психофизиологические особенности восприятия дорожной обстановки водителем.

В общем случае автомобилем к дороге предъявляются следующие требования:

- обеспечение возможности безопасного движения автомобилей с расчетными скоростями;
- пропуск заданной перспективной интенсивности движения;
- пропуск автомобилей заданной грузоподъемности без накопления пластических деформаций и разрушения дорожной одежды в пределах срока службы покрытия;
- комфорт движения для водителей и пассажиров;
- гармоничное вписывание дороги в пейзаж, просматривание по ходу движения, без провалов, на расстояние не менее расстояния видимости автомобиля;
- оптимум информации об окружающей дорожной обстановке, не перегружая сознания водителей, но и не давая ему возможности впасть в заторможенное состояние.

Автомобильная дорога представляет комплекс сооружений, включающий собственно автомобильную дорогу, транспортные развязки в одном и разных уровнях, автобусные остановки, площадки для отдыха и стоянки автомобилей, кемпинги и станции технического обслуживания автомобилей. В местах пересечения постоянно или временно действующих водотоков устраивают водопропускные сооружения: трубы, мосты, акведуки. В пересеченной и горной местности устраивают виадуки и тоннели.

Все элементы дороги размещают в пределах полосы местности, которую называют полосой отвода. На поперечном профиле дороги (рис. 5.4) могут быть выделены определенные элементы. Полосу поверхности дороги, в пределах которой происходит движение автомобилей, называют проезжей частью.

В поперечном профиле выделяют проезжую часть, обочины, составляющие вместе с проезжей частью дорожное полотно. Проезжая часть предназначена для движения транспортных средств и ограничивается кромками. Обочины необходимы для вынужденной остановки автомобилей. На них для повышения безопасности движения устраиваются укрепленные полосы. Для обеспечения хороших транспортно-эксплуатационных свойств проезжая часть автомобильной дороги должна быть достаточно ровной, прочной и шероховатой. Поэтому ее проектируют в виде дорожной одежды, укладываемой на земляное полотно. На многополосных автомобильных

дорогах (рис. 5.5) между проезжими частями встречных направлений движения устраивается разделительная полоса, предназначенная для повышения безопасности движения. На разделительной полосе предусматривают укрепленные полосы. Кроме того, на обочине могут устраиваться остановочные полосы для аварийной остановки автомобилей.

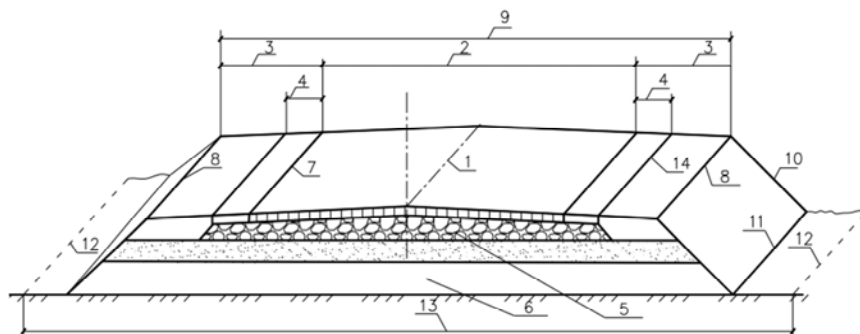


Рис. 5.4. Поперечный профиль автомобильной дороги с двумя полосами движения:  
 1 – ось дороги; 2 – проезжая часть; 3 – обочина; 4 – укрепленная полоса;  
 5 – дорожная одежда; 6 – земляное полотно (насыпь); 7 – кромка проезжей части;  
 8 – бровка обочины; 9 – дорожное полотно; 10 – откос насыпи; 11 – подошва насыпи;  
 12 – граница полосы отвода; 13 – полоса отвода;  
 14 – кромка укрепленной полосы

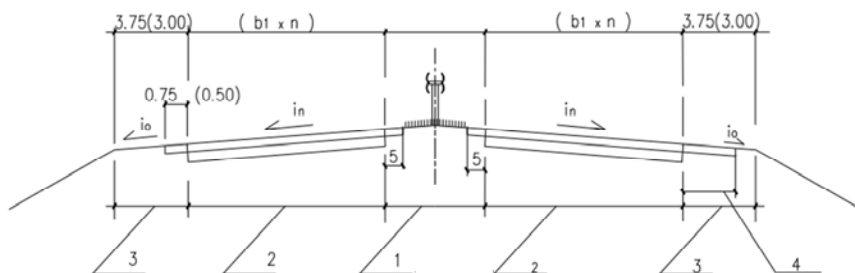


Рис. 5.5. Поперечный профиль автомобильной дороги с многополосной проезжей частью:  
 1 – разделительная полоса; 2 – проезжая часть; 3 – обочина;  
 4 – остановочная полоса; 5 – укрепленная полоса

Для обеспечения непрерывного движения автомобилей в пределах проезжей части устраивают дорожную одежду из материалов повышенной прочности.

По обе стороны от проезжей части располагаются обочины, обеспечивающие безопасность движения автомобилей. В пределах обочин непосредственно у проезжей части расположены укрепленные краевые полосы, имеющие такую же конструкцию дорожной одежды, как и в пределах проезжей части. Линии, разделяющие проезжую часть и краевые полосы, называют кромками проезжей части.

При вписывании положения линии продольного (проектного) профиля в существующий рельеф местности участок автомобильной дороги располагается на земляном полотне – насыпи или выемке.

Земляное полотно ограничивают с обеих сторон откосами. Линии, отделяющие обочины от откосов, называют бровками обочины. Расстояния между бровками условно называют шириной дорожного полотна. Крутизну откосов характеризуют коэффициентом заложения откосов, определяемым как отношение высоты откоса к его горизонтальной проекции.

Для обеспечения поверхностного водоотвода дороги, расположенной в невысокой насыпи или выемке, по обе стороны от дороги располагают боковые канавы (кюветы).

В комплекс дороги также входят различные перехватывающие и водоотводящие сооружения: нагорные и водоотводящие канавы.

Трасса автомобильной дороги – ось двухполосной автомобильной дороги или проезжей части правой или левой полосы дорожного полотна многополосных дорог I категории. Трасса автомобильной дороги – пространственная линия. Горизонтальная проекция трассы – план трассы; вертикальная – продольный профиль. План и продольный профиль трассы состоят из прямых и кривых (горизонтальных и вертикальных).

Как правило, дорогу трассируют по кратчайшему направлению. Однако рельеф местности, существующая застройка, водные преграды и другие препятствия диктуют трассирование дороги в виде ломаных линий с последующим вписыванием в изломы трассы кривых – круговых или переменного радиуса.

Продольным профилем автомобильной дороги называют развернутую в плоскости чертежа вертикальную проекцию. Продольный профиль является основным проектным документом, по которому осуществляется вынос проекта в натуру и строительство участка дороги.

Проектная линия дороги должна удовлетворять следующим требованиям:



– очертание проектной линии должно обеспечивать безопасное движение одиночных автомобилей с расчетными скоростями, соответствующими категории дороги или улицы;

– высотное положение проектной линии автомобильной дороги относительно поверхности земли должно обеспечивать устойчивость и надежность дорожной конструкции в течение всего периода эксплуатации дороги.

Устойчивость дорожной конструкции (дорожной одежды и земляного полотна) наилучшим образом обеспечивается, когда дорога проектируется в насыпи с некоторым определенным по расчету возвышением над поверхностью земли. Это возвышение определяется по руководящей отметке по типу местности, в зависимости от характера рельефа участка местности, его гидрологических и геологических особенностей, а также отдельных параметров дорожного полотна.

Типы местности по характеру и степени увлажнения подразделяются на следующие:

– сухие места (тип 1), где источником увлажнения служат атмосферные осадки, характерным признаком является обеспеченный поверхностный сток, а уровень подземных вод не оказывает влияние на увлажнение грунтов, также местность отличается отсутствием заболоченных территорий;

– сырые места (тип 2), где источником увлажнения являются кратковременно стоящие (до 30 суток) поверхностные воды и атмосферные осадки, характерными признаками таких участков местности являются участки с необеспеченным поверхностным стоком на равнинной местности и участки, где весной и осенью возможен застой воды на поверхности или местность с признаками заболоченности;

– мокрые места (тип 3), где источником увлажнения являются грунтовые или длительно стоящие (более 30 суток) поверхностные воды и атмосферные осадки, характерными признаками переувлажненной местности являются участки заболоченных территорий и плоские участки рельефа.

Системы дорожного водоотвода служат для перехвата и отвода поверхностной воды, поступающей к земляному полотну, или для преграждения доступа подземной воды в верхнюю часть земляного полотна.

К системе дорожного водоотвода относят следующие сооружения:

– перехватывающие и водоотводящие поверхностную воду: боковые канавы (кюветы, резервы), водоотводные, нагорные канавы; испарительные бассейны;

– преграждающие доступ грунтовой воды – дренажи.

В результате их работы обеспечивается благоприятный водно-тепловой режим земляного полотна и дорожной одежды.

Большая часть выпадающих непосредственно на поверхность дороги осадков стекает с нее из-за поперечных уклонов на проезжей части и обочинах. Эта вода стекает по откосам земляного полотна.

Для отвода воды вдоль дороги, переходящей в выемки или насыпи высотой до 1–1,5 м, устраивают боковые канавы (кюветы). Боковые канавы также способствуют осушению грунтов земляного полотна в связи с испарением влаги с внутренних откосов боковых канав.

Водоотводные канавы служат для отвода воды от дороги в сторону, в пониженные места или к водопропускным сооружениям.

Если дорога пересекает на коротком расстоянии несколько логов, воду можно не пропускать через дорогу в каждом понижении, а устраивать водоотводные канавы, перехватывающие воду в малых логах и отводящие в главный лог.

В равнинной местности, когда нельзя отвести воду по боковым водоотводным канавам в естественные понижения местности или к водопропускным сооружениям, в стороне от дороги проектируют испарительные бассейны. Они представляют собой котлованы, вокруг которых делают земляные валики, преграждающие доступ воды с окружающей местности. Иногда в качестве испарительных бассейнов используют сосредоточенные резервы. Вместимость одного бассейна не должна превышать 200–300 м<sup>3</sup>, глубина 1,5 м, а уровень воды должен располагаться на 0,6 м ниже отметки бровки насыпи.

При пересечении или примыкании автомобильных дорог проектируются **транспортные узлы**, основными назначениями которых являются требования обеспечения безопасного и удобного движения с учетом затрат на строительство узла, транспортно-эксплуатационных затрат. Безопасность движения обеспечивается своевременной видимостью, хорошей обзорностью, понятностью транспортного узла, а удобство проезда достигается непрерывностью движения, минимумом времени на проезд узла.

Транспортные узлы подразделяются на примыкания (в узле сходятся три направления) и пересечения (в узле сходятся четыре и более). Также в зависимости от условий расположения проезжих частей пересекающихся и примыкающих дорог транспортные узлы бывают в одном уровне (*перекрестки*) и в разных уровнях (*транспортные развязки*) (рис. 5.6).



Рис. 5.6. Транспортные узлы в одном уровне и в разных уровнях

Перекрестки в одном уровне имеют три разновидности потенциально опасных конфликтных точек: точки слияния, разветвления и пересечения транспортных потоков.

Точки разветвления, слияния и пересечения потоков называют опасными, так как они являются местами концентрации дорожно-транспортных происшествий (далее ДТП). Наибольшее число ДТП происходит в местах пересечения транспортных потоков, наименьшее – в точках разветвления. Особое внимание уделяется повышению безопасности перекрестков, где во взаимодействие с транспортными потоками вступают и пешеходные потоки (рис. 5.7).

Степень опасности пересечения зависит от интенсивности движения потоков транспорта, которые подходят к опасным точкам.

Перекрестки в одном уровне подразделяются по планировочным решениям на: *простые, канализированные* и *кольцевые*.

Перекрестки в разных уровнях или *транспортные развязки* – это инженерные сооружения, устраиваемые на пересечениях и примыканиях автомобильных дорог, включающие один или несколько путепроводов и систему соединительных ответвлений, обеспечивающих движение всех (*полная транспортная развязка*) или только

основных (*неполная транспортная развязка*) пересекающихся транспортных потоков в разных уровнях. Полные типы транспортных развязок при наличии улучшающих элементов, увеличивающих пропускную способность транспортного узла или повышающих скорость движения на отдельных элементах развязки без ущерба безопасности движения, относятся к типу *улучшенных* полных транспортных узлов.

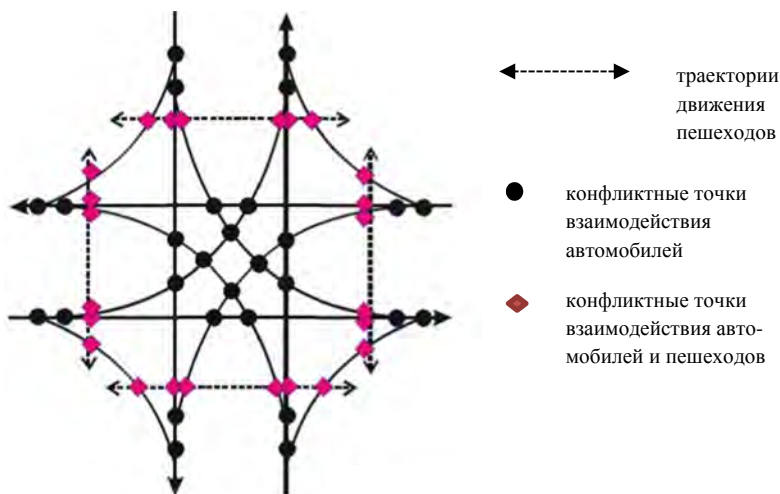


Рис. 5.7. Разновидности потенциально опасных конфликтных точек

Транспортная развязка (далее ТР) состоит из ряда элементов, выполняющих определенные функции:

- проезжие части пересекающихся дорог в границах ТР;
- соединительные ответвления (съезды развязок) для обеспечения соединения проезжих частей пересекающихся дорог и возможности осуществления въезда на проезжие части и выезда с них;
- примыкания к проезжим частям дорог с устройством полос разгона;
- отмыкания от главных проезжих частей дорог с устройством полос торможения перед соединительными ответвлениями;
- сквозные распределительные проезды для отделения транзитного потока автомобилей от потока автомобилей, въезжающих на соединительные ответвления и выезжающих с них;

- остановочные полосы;
- искусственные сооружения (путепровод, тоннель),
- технические средства организации дорожного движения (дорожные знаки, разметка, ограждения и др.);
- элементы освещения.

Взаимное расположение пространственных элементов транспортных развязок и их геометрические параметры должны обеспечивать водителю достаточную видимость и ясность траектории движения по последующему элементу.

**Съезды транспортных развязок** подразделяются по назначению и конфигурации, а также соответствующей расчетной скорости.

Функционально съезды развязок или их участки подразделяются на **направленные** – обеспечивающие движение транспортных потоков только в одном направлении, и **совмещенные** – предназначенные для движения более чем в одном направлении.

Направленные съезды развязок подразделяются:

- в зависимости от обеспечиваемого поворотного движения на **правоповоротные** или **левоповоротные**;
- по характеру траектории движения на **прямые, полупрямые, петлевые**.

В зависимости от наличия встречного движения, совмещенные съезды развязок или их участки могут быть **односторонними**, предназначенными для движения в одну сторону, или **двухсторонними**, обеспечивающими движение во встречных направлениях.

Границей транспортной развязки является сечение, перпендикулярное главной проезжей части и проходящее через наиболее удаленный элемент транспортной развязки.

Для повышения безопасности движения в тех местах, где может иметь место изменение скоростей движения транспортных потоков, а также изменение траектории движения отдельных групп автомобилей на проезжей части предусматриваются дополнительные полосы движения – **переходно-скоростные полосы**. Эти полосы служат для разгона (**полоса разгона**) транспортных средств в отдельной полосе движения и слияния с основным транспортным потоком на скоростях, близких к общей скорости потока, также отдельные полосы, на которых происходит замедление транспортных средств для совершения маневров поворота или остановки, являются **полосами торможения**.

Переходно-скоростные полосы следует проектировать:

- на дорогах категорий I-а–III у соединительных ответвлений транспортных развязок;

- на правоповоротных примыканиях в одном уровне на дорогах категории I-б;

- на пересечениях и примыканиях в одном уровне на дорогах категории I-в при расчетной интенсивности движения съезжающих (полоса торможения) или выезжающих (полоса разгона) автомобилей 50 ед./сут и более, на дорогах категорий II и III при интенсивности движения 200 ед./сут. и более;

- на дорогах категорий I-а–III у объектов дорожного и придорожного сервиса;

- на въездах к стационарным постам весового и габаритного контроля;

- у остановочных пунктов маршрутного пассажирского транспорта на дорогах категорий I-б–III, а также дорогах категории IV при расчетной интенсивности движения, превышающей 1000 ед./сут;

- на дорогах категорий I-б–III у площадок для аварийной остановки автомобилей.

Переходно-скоростные полосы характеризуются длиной участка с постоянной шириной и величиной отгона ширины. Как правило, решение о параметрах переходно-скоростных полос принимается в зависимости от условий, в которых они проектируются.

Автомобильные дороги общего пользования должны обустраиваться *объектами дорожного сервиса* в границах полосы отвода и *объектами придорожного сервиса*, размещаемыми в границах придорожной полосы дороги, исходя из потребительских свойств и транспортно-эксплуатационных характеристик этих дорог.

Услуги, предоставляемые на объектах дорожного и придорожного сервиса, должны способствовать повышению уровня обслуживания пользователей дорог.

**Объекты дорожного сервиса** – здания и сооружения, расположенные в пределах полосы отвода и предназначенные для обслуживания участников дорожного движения (остановочные пункты маршрутного пассажирского транспорта, в том числе с павильонами, площадки для кратковременной остановки транспортных средств, площадки отдыха со стоянками транспортных средств, устройства аварийно-вызывной связи и иные сооружения).

**Объекты придорожного сервиса** – здания и сооружения, расположенные на придорожной полосе и предназначенные для обслуживания участников дорожного движения в пути следования (мотели, гостиницы, кемпинги, станции технического обслуживания, автозаправочные станции, пункты питания, торговли, связи, медицинской помощи, мойки, средства рекламы и иные сооружения).

К объектам дорожного сервиса относятся:

– остановочные пункты маршрутного пассажирского транспорта, в том числе с павильоном или навесом для ожидания транспорта, предназначенные для посадки и высадки пассажиров и оборудованные переходно-скоростными полосами (при необходимости), остановочными и посадочными площадками со скамьями и урнами для мусора, а также павильонами или навесами для ожидания транспорта с информацией о названии остановки и с устройством для размещения расписания движения автобусов;

– площадка отдыха, предназначенная для кратковременного отдыха пользователей автомобильных дорог, имеющая в своем составе площадку для стоянки, зону отдыха и санитарное оборудование (туалет, контейнер для мусора, урны и т. п.).

К объектам придорожного сервиса относятся:

– охраняемая стоянка – место стоянки транспортных средств, представляющее собой специально оборудованное одноуровневое инженерное сооружение, предназначенное для хранения транспортных средств, их выдачи, а также сохранности и безопасности;

– автозаправочная станция предназначена для заправки транспортных средств топливно-смазочными материалами;

– станция технического обслуживания предназначена для круглогодичного производства мелкого ремонта и технического обслуживания различных видов транспортных средств;

– мойка предназначена для круглогодичной ручной или механизированной мойки транспортных средств пользователей дороги;

– пункт постояя предназначен для круглогодичного (гостиница, мотель) и (или) сезонного (кемпинг) приема и обслуживания пользователей дорог;

– пункт питания и торговли предназначен для приема пищи, а также возможности приобретения продуктов питания и иных товаров.

Объекты сервиса в зависимости от количества и видов предоставляемых услуг подразделяются на:

**объекты I уровня** – площадка для отдыха со стоянкой для автотранспортных средств и благоустроенной территорией (пешеходные дорожки, беседки, отопливаемые санитарно-бытовые помещения, столики со скамьями и малые архитектурные формы);

**объекты II уровня** – объект общественного питания дополнительно к объектам I уровня;

**объекты III уровня** – автозаправочная станция дополнительно к объектам II уровня.

На объектах II и III уровней возможно дополнительное размещение гостиниц, туристических бюро, станций технического обслуживания, охраняемых стоянок, моек и иных сооружений (рис. 5.8).



Рис. 5.8. Примеры планировочных решений объектов сервиса



В местах пересечения транспортных коридоров рекомендуется устройство многофункциональных комплексов придорожного сервиса, включающих различные виды услуг комплексного обслуживания пользователей дорог и занимающих значительные площади.

Подъезды к объектам придорожного сервиса, их территориям, а также сами объекты и прилегающие к ним участки автомобильных дорог устраиваются и оборудуются необходимыми техническими средствами организации дорожного движения в соответствии с требованиями технических нормативных правовых актов.

Объекты дорожного и придорожного сервиса должны обеспечивать доступ для лиц с ограниченными физическими возможностями.

Важной составляющей автомобильной дороги являются **элементы обустройства**, которые дополнительно обеспечивают повышение безопасности движения всех групп пользователей автомобильных дорог. К элементам обустройства относятся: велосипедные и пешеходные дорожки, тротуары, пешеходные переходы и элементы освещения.

**Велосипедные и пешеходные дорожки** вдоль участков автомобильных дорог проектируются по обоснованию при наличии значительной интенсивности велосипедных и пешеходных потоков, в особенности на участках приближения к населенным пунктам. Велосипедные дорожки проектируются, как правило, на отдельном земляном полотне или на специально устраиваемых бермах. В стесненных условиях и на подходах к дорожным сооружениям велосипедные дорожки устраивают на обочине. В этом случае они должны быть отделены от проезжей части техническими средствами организации дорожного движения. Пешеходные дорожки также должны отделяться от проезжей части и находиться на отдельном земляном полотне.

В качестве проектного решения нередко рассматриваются варианты совмещенных вело-пешеходных частей, что экономит некоторые ресурсы. Однако при значительных интенсивностях велосипедных и пешеходных потоков их проезжие части разделяются и ширина каждой отдельной зоны назначается в зависимости от интенсивности движения пешеходов и велосипедистов. На проектные решения также влияют характер рельефа и наличие сложных природных условий.

При возведении, реконструкции и капитальном ремонте дорог необходимо предусматривать возможность безопасного перехода дорог пешеходами путем устройства *пешеходных переходов* в одном или разных уровнях.

Выбор типа пешеходного перехода зависит от интенсивности автомобильного и пешеходного движения, количества дорожно-транспортных происшествий, связанных с наездами на пешеходов на характерных участках автомобильных дорог. Пешеходные переходы в одном уровне с проезжей частью автомобильных дорог должны быть освещены с целью повышения безопасности пешеходов в темное время суток.

Немаловажным фактором, влияющим на аварийность отдельных участков дорог, является их объективная видимость и возможность для водителей оценить дорожную ситуацию своевременно. Особенно усложняется ситуация при наступлении темного времени суток. Обязательным условием на отдельных участках автомобильных дорог является наличие *наружного искусственного освещения*:

- на участках дорог, проходящих через населенные пункты;
- на железнодорожных переездах в одном уровне;
- на кольцевых пересечениях в одном уровне;
- на больших мостах;
- в пешеходных тоннелях и на лестничных сходах перед ними;
- на пересечениях в разных уровнях республиканских дорог категорий I и II между собой;
- на подъездах к сооружениям и объектам дорожного и придорожного сервиса, постам транспортного и весогабаритного контроля;
- в границах накопительных полос для выполнения левых поворотов на дорогах категорий I-в и II;
- на остановочных пунктах маршрутного пассажирского транспорта при количестве останавливающихся в темное время суток автобусов более двух в час и выраженном потоке пассажиров;
- на подъездах к обозначенным пешеходным переходам в одном уровне;
- в зоне пересечения велосипедных дорожек с дорогой.

Непрерывное освещение необходимо устраивать на участках дорог между населенными пунктами, расположенными на расстоянии менее 500 м друг от друга, а также между соседними освещаемыми участками, расположенными на расстоянии менее 250 м друг от друга.

Требования по искусственному освещению зоны проезжей части автомобильных дорог и улиц населенных пунктов содержат требования к некоторым параметрам: например, к значениям средней яркости дорожного покрытия, полной и продольной равномерности яркости, приращения пороговой разности яркостей и коэффициента периферийного освещения. Благодаря подбору сочетания этих параметров обеспечивается необходимое водителям качество освещения проезжей части. Средняя яркость дорожного покрытия и общая равномерность яркости влияют на зрительное восприятие и зрительную работу глаз водителя, а продольная равномерность яркости – на зрительный комфорт при управлении транспортным средством в темное время суток на участках с искусственным освещением. Значения приращения пороговой разности яркостей требуется нормировать для снижения эффекта слепящей блескости, создаваемой элементом освещения, тогда как коэффициент периферийного освещения важен для того, чтобы сделать четко и заблаговременно видимыми объекты, расположенные вблизи дороги.

При обустройстве системы искусственного освещения учитывают особенности расположения участка автомобильной дороги, интенсивность движения, количество потенциально опасных участков для возникновения дорожно-транспортных происшествий. Рационально спроектированная система искусственного освещения позволяет на треть и более снизить уровень аварийности на участках дорог.

Основными правилами для организации искусственного освещения транспортных развязок являются:

- отсутствие ослепляющего эффекта, «перетененных участков» и «пересвеченных пятен», которые затрудняют движение и могут способствовать повышению уровня аварийности;
- подбор осветительного оборудования с рациональным типом конструкции опор освещения и осветительных элементов;
- учет габаритных размеров элементов транспортного узла;
- учет архитектурного образа проектируемой среды, которая окружает объект.

При проектировании искусственного освещения технические требования к осветительным приборам учитывают ряд параметров:

- технические характеристики;
- уровень энергопотребления;

- надежность работы в различных условиях, при температурных перепадах, порывах ветра, во время осадков;
- простота технического обслуживания;
- безопасность.

**Элементы озеленения** автомобильных дорог играют важную составляющую как в техническом отношении и обеспечении снего-незаносимости участков дорог, так и в соблюдении принципов ландшафтного проектирования, охраны природы и обеспечения естественного проветривания автомобильных дорог.

Декоративное озеленение дорог осуществляют рядовыми, групповыми или смешанными посадками.

Современная автомобильная дорога – это капитальное высокотехнологичное долговечное транспортное сооружение. Наиболее ресурсозатратными при реконструкции элементами являются элементы плана трассы и продольный профиль участка дороги. Неудачно запроектированные участки дороги эксплуатируются десятилетиями, вызывая прямые экономические потери от снижения скорости или большого количества ДТП и косвенные, выражающиеся в отрицательном эмоциональном воздействии вида дороги на водителей и пассажиров. Моральный износ трассы означает строительство нового участка.

В настоящее время не вызывает сомнения тот факт, что дорога является не только местом работы людей, средством их передвижения, но и местом отдыха.

Для большинства людей вольно или невольно наблюдаемые очертания дороги – очень важный элемент окружающей среды. Нельзя пренебрегать эстетическим аспектом трассы, эмоциональным воздействием ее на психику людей как в трудовом процессе, так и на отдыхе. Поэтому дорога должна удовлетворять не только технико-эксплуатационным требованиям, но и эстетическим. Она должна не только обеспечивать безопасное движение автомобилей с расчетными скоростями, но и гармонично вписываться в окружающий пейзаж, раскрывать и подчеркивать красоту природного окружения, чтобы поездки по дорогам были менее утомительны для водителей и пассажиров.

В связи с этим проектирование дорог осуществляется в том числе и с позиций архитектурно-ландшафтного проектирования.

Целью ландшафтного проектирования дороги является выбор положения трассы и геометрической формы других элементов дороги, обеспечивающих безопасное движение автомобилей с высокими скоростями и плавное гармоничное сочетание ее с ландшафтом местности. При проектировании современных автомагистралей работа инженера-дорожника во многом перекликается с работой архитектора.

Ландшафтное проектирование, как правило, приводит к снижению стоимости строительства дороги за счет уменьшения объемов работ, особенно на косогорных участках. Кроме того, на участках, запроектированных с учетом требований архитектурно-ландшафтного проектирования, выше безопасность движения.

Ландшафтное проектирование предусматривает решение следующих задач:

- достижение внешней гармонии трассы за счет плавного вписывания дороги и всех ее элементов в ландшафт;
- достижение внутренней гармонии трассы путем выбора рациональных сочетаний элементов трассы, обеспечивающих ее пространственную плавность;
- обеспечение зрительной ориентации водителей о дальнейшем направлении трассы средствами оптического трассирования.

По определению профессора В. Ф. Бабкова, под ландшафтом понимают типичные сочетания элементов рельефа, растительности, водных и заболоченных поверхностей, а также возникших в результате деятельности человека элементов культурных ландшафтов (сельскохозяйственные угодья, населенные пункты и т. д.). Сооружение дороги всегда нарушает существующий природный ландшафт. При трассировании дороги не стремятся подчинить дорогу ландшафту, сделать ее незаметной на фоне окружающего ландшафта. Задачами проектирования являются достижение гармоничного сочетания дороги с ландшафтом, раскрытие перед участниками движения красивых живописных видов пейзажа, а в условиях однообразного равнинного рельефа – украшение средствами дорожной архитектуры существующего пейзажа.

С точки зрения проектировщиков-дорожников различают характерные ландшафты, встречающиеся в различных географических зонах: равнинные, холмистые, горные.

Введено понятие дорожного ландшафта, под которым понимают сочетание элементов дороги, искусственных сооружений, линейных

зданий, зеленых насаждений, обстановки дороги. Дорожный ландшафт создает архитектурный образ дороги.

Сущность принципов ландшафтного трассирования заключается в следующем.

1. Дорога должна следовать крупным определяющим (доминирующим) линиям ландшафта, не считаясь со множеством мелких деталей ландшафта, хорошо сочетаться с ландшафтом, плавно и органично вписываться в него, если она проложена по граничной зоне его крупных элементов (у подножия холмов, по опушке леса) или вдоль естественной, обычно искривленной оси ландшафта (по берегам рек, озер или водохранилищ).

2. Наилучшее сочетание дороги с ландшафтом достигается при криволинейном очертании трассы дороги в плане. Как известно, природа редко создает правильные геометрические фигуры и прямые линии, поэтому средствами клотоидного трассирования можно добиться гармоничного сочетания дороги с окружающим рельефом.

Каждый поворот дороги в плане должен быть логически оправдан видимым препятствием прямолинейному движению на этом участке. При отсутствии на местности таких препятствий и необходимости искривления трассы по соображениям обхода участков с необеспеченным водоотводом, неблагоприятными грунтами и т. д. такие видимые препятствия создаются посадкой декоративных групп деревьев и другими средствами.

Статистика ДТП показала, что плавная, слегка извилистая дорога менее опасна для движения, чем длинные прямые участки. На длинных прямых участках у водителей грузовых автомобилей повышается утомляемость и снижается внимание из-за статичности положения туловища и однообразия окружающей обстановки. Водители легковых автомобилей, наоборот, теряют контроль над скоростью – развивается «гипноз скорости». Установлено, что при длине прямого участка 15 км ДТП в 1,5 раза больше, а при длине 25 км в 2,5 раза больше, чем на прямом участке длиной 3–5 км. Считают, что даже в равнинной местности длина прямого участка не должна превышать расстояния, проходимого автомобилем при расчетной скорости за 3–4 мин, т. е. не более 5–6 км. Длина прямого участка в равнинной местности может быть несколько увеличена, если дорога направлена на хорошо видимый издали ориентир (доминант), привлекающий внимание водителей (горы, высокие здания, трубы за-

водов). При отсутствии естественных доминант их можно создать посадкой на возвышенном участке дороги на придорожной полосе декоративной группы деревьев, установкой памятников и обелисков.

3. Элементы дороги должны быть соизмеримы с элементами местности – принцип масштабности. Примером неудачного решения может служить дорога I категории с широким земляным полотном и разделительной полосой одинаковой ширины, расположенная на косогоре в горной местности или на прямом участке в холмистой местности.

В этом случае более целесообразными решениями будут раздельное трассирование проезжих частей в разных уровнях, устройство разделительной полосы переменной ширины, посадка деревьев и кустарника на склонах и разделительной полосе; раздельное трассирование проезжих частей лучше начать с кривой в плане.

4. Необходимо устранение «геометризма» дороги и «придорожной полосы». Постоянную ширину проезжей части, обочин и мостов устранить не представляется возможным. Все же остальные элементы поперечного профиля (откосы, разделительная полоса, кюветы) без ущерба могут быть лишены геометрической правильности очертаний.

При ландшафтном проектировании, как правило, принимают более пологие откосы насыпей и выемок (1:3–1:6), по радиусам закругляют места сопряжения откосов с обочинами и поверхностью земли.

5. Как уже указывалось, дорога должна выполнять определенные эстетические функции: способствовать раскрытию перед едущими красоты природного ландшафта, подчеркивать основные элементы ландшафта. При строительстве дороги производят специальную расчистку леса и кустарника, мешающих обзору красивых элементов ландшафта, устраивают специальные смотровые площадки и площадки отдыха, сохраняют красивые деревья на разделительной полосе, создают придорожные водоемы и т. д.

Большая длина дороги делает невозможным зрительное восприятие больших участков дороги. Введено понятие деления дороги на архитектурные бассейны, границами которых могут служить заметные выпуклые переломы продольного профиля, границы разных ландшафтов, отдельные глубокие выемки, крупные мостовые переходы, резкие повороты трассы, совмещенные с каким-нибудь зрительно выделяющимся ориентиром на местности. Целесообразно,

чтобы значительная часть бассейна была видна, а его профиль представлял плавную вогнутую линию, в пределах которой нежелательны мелкие выпуклые переломы.

В архитектурном бассейне следует иметь центр архитектурной композиции. В пределах одного бассейна должно быть не более одной доминанты, в качестве которой могут выступать здания, сооружения, мосты, группы деревьев и другие элементы, выделяющиеся на фоне остальных компонентов дорожного ландшафта. Протяжение архитектурного бассейна не должно превышать для дорог I категории 10–16 км, II и III категорий – 8–10 км, IV категории – 6–8 км, что соответствует времени движения в пределах бассейна в течение 3–5 мин.

В состав проектной документации при ландшафтном проектировании включают специальный линейный архитектурный график.

Для уверенного управления автомобилем водитель должен быть ориентирован о направлении дороги за пределами прямой видимости. Зрительная ориентация придает водителю психологическую уверенность и дает возможность без напряжения управлять автомобилем.

Основные задачи оптического трассирования:

- указать водителю дальнейшее направление движения;
- заранее оповестить о внезапном изменении элементов плана или профиля;
- выделить критические зоны на опасных участках.

Информация водителя об изменении направления движения и возможной скорости движения с помощью дорожных знаков – далеко не лучший способ обеспечения комфорта и безопасности движения. Дорожные знаки необходимы, как правило, на неудачных участках дороги. Дорогу следует трассировать так, чтобы не требовалось специальных знаков, предупреждающих об изменении направления движения. Всю информацию водитель должен получать зрительно.

Реализация идеи оптического трассирования сводится к обозначению боковых границ дороги при помощи видимых издалека предметов – укрепительных полос, направляющих столбиков, посадок деревьев. Средства оптического трассирования должны давать возможность водителю зрительно экстраполировать направление трассы за пределами прямой видимости. Движение автомобиля должно происходить в так называемом оптическом коридоре.



Различают горизонтальные и вертикальные направляющие устройства.

Горизонтальные направляющие устройства (разметка проезжей части, краевые укрепительные полосы) сообщают водителю о направлении движения, не отвлекая его от наблюдений за проезжей частью. Недостаток их – плохая видимость в дождливую погоду и при заносе дороги снегом.

Вертикальные направляющие устройства (столбики, тумбы, посадки деревьев) информируют водителей об опасных участках (вторая задача оптического трассирования). Их достоинства – хорошая видимость в любую погоду, долговечность, обеспечение безопасности движения на аварийных участках.

Очень важную роль в оптическом трассировании играют придорожные насаждения. С помощью посаженных рядов деревьев можно информировать водителей о дальнейшем направлении движения. Например, невидимый участок дороги за выпуклым переломом называют «трамплин в ничто». Поворот трассы в плане за выпуклым переломом заметен водителю по положению кроны деревьев.

При решении второй задачи оптического трассирования – предупреждении об опасных участках – с помощью посадок деревьев добиваются создания у водителей впечатления о нарушении плавности дороги, чтобы он заранее снизил скорость. Например, на Т-образном перекрестке посадка деревьев на примыкающей дороге создает впечатление, что дорога упирается в лес, и водитель снижает скорость.

На современном этапе проектирование дорог ведется с учетом закономерностей системы «водитель – автомобиль – дорога – среда».

Нормативные требования к элементам плана и профиля, полученные на основе теории взаимодействия автомобиля и дороги, обеспечивают динамическую плавность трассы, но могут не обеспечивать зрительной ее плавности.

Правомерна тенденция перехода к все большему учету психофизиологических свойств водителя и удобств при управлении им автомобилем. Оценка водителем условий движения возникает вследствие психологического восприятия им дорожных условий и воздействия на его организм инерционных сил и толчков, передающихся через автомобиль. Причем эти воздействия как бы не совпадают по фазе: водитель видит впереди лежащий участок, а ощущает толчки от проезжаемого участка.

Анализ ДТП показал, что если исключить аварии по вине чисто технических неполадок в автомобиле, то 99 % аварий происходит вследствие неправильных действий водителей, т. е. психофизиологические особенности водителей оказываются недостаточными для правильной оценки дорожной ситуации, точной и своевременной реакции на нее.

В основе поведения водителя лежат его зрительные ощущения (75–95 % информации он получает зрительно).

Как правило, выбранная по психофизиологическим возможностям скорость автомобиля меньше допускаемой по механической теории взаимодействия автомобиля и дороги. Водитель, оценивая видимую картину предстоящего участка дороги, не вспоминает в этот момент законов движения. Скорость движения является результатом не рациональных размышлений, а бессознательных впечатлений, т. е. эмоционально-эстетического восприятия.

Влияние психофизиологических особенностей водителей при проектировании дорог учитывается в расчетных зависимостях, основанных на законах механики, введением таких параметров, как продолжительность реакции водителя, допускаемая величина нарастания центробежного ускорения, коэффициент поперечной силы, обеспечивающий комфортабельность проезда, и др.

Учет влияния как можно большего числа психофизиологических особенностей водителей на восприятие дорожных условий положительно сказывается на принимаемых проектных решениях. Необходимо с привлечением теории массового обслуживания оценить дорожные условия, обеспечивающие нормальные условия движения не менее чем для 85 % водителей. Для каждого водителя существует оптимальный объем информации, при котором он уверенно управляет автомобилем и своевременно реагирует на изменение дорожной обстановки. Перегрузка информацией может быть причиной ДТП, особенно когда водитель вынужден ехать в колонне автомобилей с общей скоростью более высокой, чем соответствующая его индивидуальным способностям и квалификации. Недогрузка водителя информацией приводит к необоснованному повышению скорости или к притуплению внимания и сонливости водителя. Сонливость водителей может быть объяснена с точки зрения физиологии: плавные качки автомобиля, неподвижное состояние тела, сосредоточение

взгляда на набегавшей серой ленте дорожного полотна – самопроизвольно возникает заторможенное состояние у водителей.

Большинство мероприятий по ландшафтному проектированию одновременно способствует психологической безопасности. При плавно изменяющихся видимых очертаниях дороги скорость движения практически постоянна, а психологическое напряжение у водителя поддерживается на некотором постоянном сравнительно невысоком уровне. Следует иметь в виду, что на дорогах высоких категорий, где водитель по дорожным условиям редко попадает в сложную обстановку, требующую повышенного внимания, а современный автомобиль не требует больших физических усилий от водителя при его управлении, особенно важно создать смену впечатлений у водителей. Немалую пользу могут принести средства технической эстетики (малые архитектурные формы, расположенные вдоль дороги и др.), а также рассмотренные выше принципы архитектурно-ландшафтного проектирования.

На сегодняшний день **автоматизация** этапов проектирования автомобильных дорог и транспортных объектов, а также применение и широкое внедрение **технологий информационного моделирования** обеспечивают высокий технический уровень принимаемых проектных решений. Вариантное проектирование с учетом всевозможных требований, ограничений и пожеланий становится высоко-технологичным процессом.

Технологии информационного моделирования сооружений (далее ТИМ) – процесс коллективного создания и использования информации о сооружении, формирующий основу для всех решений на протяжении жизненного цикла объекта (от планирования до проектирования, от выпуска рабочей документации до строительства, от эксплуатации до реконструкции или сноса).

В основе ТИМ лежит трехмерная информационная модель, на базе которой организована работа всех создателей и участников жизненного цикла объекта.

Иногда ТИМ воспринимается всего лишь как 3D-модель для визуализации проекта и создания проектной документации. Но 3D-модель – это только «вершина айсберга». Основа ТИМ – это процессы, способы совместной работы с информацией об объекте строительства. Процессы регулируют работу с моделью, которая состоит из интеллектуальных объектов и параметрических взаимо-

связей. Для каждого этапа работы над проектом прописан свой обоснованный уровень детализации информационной модели.

Программное обеспечение – всего лишь 20 % технологий информационного моделирования, основная составляющая информационного моделирования – это люди, управляющие информацией, процессы их взаимодействия и инструменты решения поставленных задач.

При подготовке специалистов для этапов планирования и проектных решений, а также проектирования объектов необходимо уделять внимание следующим аспектам формирования профессиональных навыков:

- создание концепт-модели будущего объекта, переходящей без потери данных на следующую стадию;
- многовариантное проектирование;
- получение технико-экономического обоснования;
- размещение объекта строительства в существующую инфраструктуру и ландшафт;
- представление проекта на рассмотрение;
- оценка стоимости вариантов;
- качественное проектирование согласно установленным срокам;
- создание информационной модели;
- коллективная работа;
- отсутствие дублирующихся данных.

Этапы подготовки к строительству и строительство, а также эксплуатация имеют специфические особенности, с которыми необходимо знакомить в учебном процессе на примере перспективных информационных моделей:

- взаимодействие проектного отдела со строительными организациями;
- подготовка организации и управления строительством;
- сроки 4D – календарный и сетевой график производства работ;
- стоимость 5D – укрупненный расчет стоимости строительства;
- расчет потребности в материалах;
- организация строительства и управление им;
- осуществление строительного надзора;
- отслеживание динамики выполнения работ;
- сравнение плана и факта;
- контроль отклонений (совмещение облака точек с моделью);
- своевременная сдача объекта;
- связь с системами эксплуатации.

## 6. ДОРОЖНО-СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Дорожно-строительное материаловедение – прикладная наука, базирующаяся на положениях фундаментальных наук: химии, физики, математики и др. Ее роль в строительном производстве огромна. Без знаний о материалах невозможно запроектировать, построить и эксплуатировать любой качественный и долговечный инженерный объект (здание, дорогу, мост и т. п.).

Строительное материаловедение изучает огромный спектр различных природных и искусственных материалов, вырабатываемых в соответствующих специфических отраслях промышленности. Тем не менее, строительное материаловедение объединяет все многообразие материалов в единую систему с общими научными принципами, методами и закономерностями. Такой системный подход позволяет прогнозировать появление новых, пока еще не открытых материалов с оставлением «вакантных» мест в соответствующих их классификациях.

Наука о строительных материалах имеет большую историю развития, уходящую в далекое прошлое.

Профессор И. А. Рыбьев выделяет три основных, неодинаковых по продолжительности, этапа развития науки о строительных материалах, между которыми нет четких разделительных границ. Главным критерием для их выделения во времени является состояние производства, поскольку его совершенствование во многом определялось потребностями общества в материалах.

Первый этап является наиболее длительным по времени. Исходной точкой отсчета начала развития науки о материалах признан момент получения керамики путем осознанного изменения структуры глины при ее обжиге. Это подтверждено результатами археологических раскопок. Вначале свойства изделий улучшали правильным подбором глины, а затем – путем их обжига на открытом огне в специальных примитивных печах. Однако первым этапом в этой технологии были попытки использования глины как вяжущего воздушного твердения. Это объясняется тем, что глина очень проста в применении, не требует помола, а нуждается лишь в разминании и увлажнении. Для предотвращения усадки и растрескивания глины отошались песком, а для увеличения прочности в глиняное тесто

(раствор) добавляли траву, рубленую солому, волос животных (это был первый опыт упрочнения изделий путем армирования).

Значительно позднее человечеством были познаны металлы, прочность и жесткость которых были известны уже с VIII тысячелетия до н. э. Вначале была открыта и использовалась холоднокованая самородная медь. Позже она была заменена медью, выплавляемой из руд, которые встречались в недрах Земли чаще и в значительно больших объемах. В дальнейшем к меди стали добавлять другие металлы и примерно в III тысячелетии до н. э. научились получать и использовать сплав меди с оловом – бронзу (бронзовый век). К этому же периоду относится время, когда люди научились обрабатывать благородные металлы (серебро, золото).

С течением времени объемы использования металлов возрастали и человечество вступило в железный век, поскольку железные руды оказались гораздо доступнее медных. Таким образом, в I тысячелетии до н. э. стало преобладать железо.

Сознательное создание новых керамических и металлических изделий было обусловлено возросшей необходимостью в них для развивающегося мореплавания, ирригации, постройки пирамид, храмов, укрепления дорог, создания других крупных сооружений.

Крупный вклад в развитие науки о материалах внесли выдающиеся русские ученые М. В. Ломоносов и Д. И. Менделеев.

М. В. Ломоносов (1711–1765 гг.) заложил основы науки в области химии и физики. Им был открыт закон сохранения материи и движения, разработаны важнейшие положения в области физической химии. Он написал первую книгу на русском языке по металлургии, получил составы цветных стекол и изготовил из них мозаичные панно. Неоценим вклад М. В. Ломоносова в различные отрасли знания, и его роль в развитии материаловедения огромна.

Д. И. Менделеев (1834–1907 гг.) открыл важнейший закон природы – периодический Закон, в соответствии с которым свойства химических элементов находятся «в периодической зависимости от величины их атомных весов». Д. И. Менделеев получил важные результаты по исследованию растворов, опубликовал книгу «Основы химии», в которой описано атомно-молекулярное строение вещества. Ему принадлежит первый труд по основам стекольного производства.

В качестве некоторого итога становления и развития науки о строительных материалах в первом этапе (период от глубокой древности

сти до первой половины XIX века) можно отметить сравнительно ограниченное количество разновидностей изучавшихся материалов и данных об их свойствах.

Однако, несмотря на слабое развитие точных наук, великие ученые и философы прошлых столетий на основе интуиции, логики, гипотез и теорий сумели дать достаточно полное представление о структуре материалов, установить общие зависимости их свойств (в основном механических) от их состава. Например, Р. Гук еще в 1665 году выявил типичную кристаллическую структуру железа.

Второй этап развития науки о строительных материалах начинается со второй половины XIX века и заканчивается в первой половине XX века. Он характеризуется созданием новых материалов и производством их в массовом количестве. Это было вызвано бурным развитием промышленности, строительством многочисленных инженерных сооружений. Кроме этого, развитию науки о материалах способствовали новые открытия в области исследования их составов, структуры и оценки свойств. Ярким примером является открытие в 1912 году явления дифракции рентгеновских лучей, что позволило создать фундаментальный физический метод изучения структуры различных материалов. Достижения в физике, химии, минералогии и других науках явились фундаментом для дальнейшего развития строительного материаловедения.

Второй этап развития науки о материалах существенно отличался от первого. Действительно, если на первом этапе устанавливались лишь общие связи между атомно-молекулярным составом веществ и их свойствами, то на втором этапе главным стало всестороннее изучение конкретных материалов, создаваемых для возводимых строительных объектов, и обеспечение их высокого качества.

На втором этапе развития строительного материаловедения наблюдается начало четкой дифференциации исследований применительно к запросам отдельных производств материалов. На этом этапе каждая отрасль производства получала от науки максимум информации о необходимом для нее сырье, способах его переработки, эффективных методах оценки свойств выпускаемой готовой продукции, ее стандартизации и путях дальнейшего улучшения качества.

В России получили развитие науки о Земле: геология и геохимия (академики В. А. Обручев, А. Е. Ферсман, В. И. Вернадский и др.), что способствовало выявлению многих новых месторождений по-

лезных ископаемых. Было установлено, что на долю 9 химических элементов приходится 98 % земной коры, причем половину из этого количества составляет кислород и больше одной четверти – кремний. Было также определено, что большая часть элементов образует в земной коре различные химические соединения – кристаллические и аморфные минералы. Эти данные о минеральном сырье интенсивно использовались для его переработки в заводских условиях с получением минеральных вяжущих веществ, керамики, стекла и других промышленно выпускаемых строительных материалов.

Особенно подробно были изучены глины. Труды В. И. Вернадского, Н. А. Землячского и других исследователей по глинам способствовали созданию промышленно развитой отрасли производства керамики и керамического строительного кирпича.

Исследования в этом направлении оказались неоценимым вкладом в создание керамических огнеупоров, что было крайне необходимым для развития металлургии.

Следует особо отметить успехи в производстве вяжущих веществ в России в XVIII веке (строительного гипса и гидравлической извести). В начале XIX века Е. Г. Челиевым было открыто новое вяжущее, получившее в дальнейшем название портландцемент. Особенно большой вклад в развитие цементной промышленности в России внес Н. А. Белелюбский со своей специализированной лабораторией.

Массовый выпуск цемента способствовал производству бетонов и появлению науки о бетонах (бетонведение). Большой объем исследований в этом направлении выполнили Н. М. Беляев, Б. Г. Скрамтаев и другие, что позволило создать плотный бетон с расчетом его состава.

Одновременно с развитием технологии бетона и бетонведения формировалась технология изготовления железобетона и наука о железобетоне. Считается, что основателями этой науки являются французские ученые Ламбо и Коанье. Открыл же явление упрочнения бетона с помощью железной арматуры парижский садовник Монье.

В 1881 году профессор Н. А. Белелюбский провел успешные испытания различных конструкций из железобетона.

Следующим большим шагом в развитии железобетона явилось внедрение в начале XX века предварительно напряженной арматуры.

Продолжались научные исследования и совершенствовались технологии многих других строительных материалов безобжигового типа (асфальтобетон, полимерные материалы, ситаллы и др.).



Науку о строительных материалах на втором этапе можно рассматривать как сложную совокупность знаний о конкретном материале на базе фундаментальных наук – физики и химии.

На втором этапе были изданы отдельные монографии, посвященные отдельным материалам, а также учебники по строительным материалам. Так, например, в 1896 году В. В. Эвальдом был написан учебный курс, выдержавший 14 переизданий: «Строительные материалы, их изготовление, свойства и испытания». Далее были подготовлены известные учебники В. А. Кинда и С. Д. Огорокова (1934 г.), Б. Г. Скраматева, Н. А. Попова (1950 г.) и др.

Общепризнанно, что учебно-методическая литература в различные периоды сыграла огромную роль в систематизации знаний о научных основах производства различных материалов, а также обучении кадров инженеров-строителей и технологов.

Третий этап развития науки о строительных материалах охватывает современный период (начиная с окончания Второй мировой войны) и продолжается в XXI веке. Каковы же его отличия от предыдущих этапов?

Во-первых, он характеризуется процессом дальнейшего расширения объема производства традиционных и появления новых материалов. При этом наблюдается возросший уровень теоретических исследований применительно к конкретному виду материалов.

Во-вторых, отмечается интеграция научных знаний о строительных материалах (например, физико-химическая механика дисперсных материалов, «отцом» которой стал академик П. А. Ребиндер).

Эти два сложных процесса взаимосвязаны и обогащают друг друга. Они оказывают существенное влияние на эффективное решение проблем повышения качества и снижения стоимости материалов, изделий и конструкций на их основе.

Импульсом, стимулирующим указанные процессы, явились последствия Второй мировой войны, потребовавшие огромного объема работ по восстановлению во многих странах мира разрушенных городов, промышленных зданий и транспортных коммуникаций.

Строительство интенсивно переводилось на индустриальные способы благодаря внедрению крупноразмерных изделий и конструкций из сборного железобетона.

Это, в свою очередь, потребовало реконструкции и расширения производства цемента и его ассортимента. Было разработано около

30 видов, включающих быстротвердеющие, высокомарочные расширяющиеся и безусадочные. Развитие металлургии способствовало созданию и выпуску в больших объемах шлакопортландцемента. Стала перспективной организация производства шлако-щелочных вяжущих веществ, характеризующихся высокой прочностью. Появились новые виды цемента.

Большие успехи были достигнуты в стекольной промышленности: разработаны новые виды – стеклохолст, стеклотекстур, стеклопластики, стеклорубероид, ситаллы. Вместо металлической арматуры в бетонах стали использовать стеклополимерные стержни и сетки.

На втором этапе началось, а на третьем этапе развития науки о материалах быстро совершенствовалось производство полимеров.

В основе достижений в этой области материаловедения лежат открытия выдающихся ученых-химиков. Прежде всего, труды А. М. Бутлерова (середина XIX века) в области химических реакций получения органических полимеров, С. В. Лебедева (конец XIX – начало XX века), исследовавшего процесс полимеризации ненасыщенных соединений и являющегося одним из создателей производства синтетического каучука; Н. Н. Семенова, разработавшего теорию цепных реакций и описавшего закономерности таких реакций при полимеризации. Большие заслуги в развитии новых видов пластмасс принадлежат К. А. Андрианову, А. А. Берлину, В. А. Каргину и другим ученым.

В области строительного материаловедения значительный вклад внесли труды И. А. Рыбьева, Н. В. Горельшева (дорожный асфальтобетон), В. И. Соломатова (композиционные материалы), И. Н. Ахвердова (цементобетоны) и многих других ученых.

На современном этапе наука о материалах представлена как система обобщенных взглядов и характеризуется коренным пересмотром критериев прогрессивных технологий с выходом их на оптимальные экстремальные значения. При этом четко прослеживается действие законов развития материи в системах «структура – состав – свойства» с научной конкретизацией категории «оптимальная структура» материала.

Философская направленность развития строительного материаловедения выражается в том, что в ней действуют две тенденции:

- 1) идет дальнейшая дифференциация научных знаний о материалах;
- 2) происходит одновременный синтез научных знаний о них.

Обе тенденции «подпитываются» применением новых видов сырья, вяжущих веществ, заполнителей, добавок и технологий, использующих известные физические эффекты (ультразвук, электрогидравлический эффект, трибоактивация и др.). В совокупности обе указанные тенденции обогащают друг друга и вскрывают новые закономерности (например, «закон створа» И. А. Рыбьева) или кардинально улучшают технологию получения традиционных материалов (например, активация компонентов асфальтобетона на основе известных физических эффектов).

Таковы краткие теоретические и экспериментальные аспекты исторического развития строительного материаловедения как непрерывного трехэтапного движения. Суть этого динамического процесса состоит в постоянном совершенствовании перехода от старого к новому, от простого к сложному, от низкого к более развитому уровню производительных сил общества.

В настоящее время перечень строительных материалов насчитывает сотни названий.

Строительные материалы можно классифицировать по различным признакам:

- по функциональному назначению (конструкционные, теплоизоляционные, гидроизоляционные, разметочные и т. д.);

- по происхождению – природные и искусственные. При этом различают их химическую природу (органические и неорганические). К природным относят каменные породы, гравий, песок и др. Искусственные получают переработкой природного сырья (нефтяные дорожные битумы, щебень, керамические материалы, вяжущие и т. д.) или путем синтеза химических соединений (например, смолы, клеи);

- по технологическим признакам различают три группы строительных материалов: безобжиговые (гипс, известь, битумы, эмульсии, пасты, цементобетоны и т. д.), обжиговые (клинкерные цементы, керамический кирпич, каменное литье, стекло, ситаллы) и автоклавного твердения.

Основным критерием указанного разделения материалов по технологическому признаку является характер их отвердевания.

Безобжиговые твердеют при обычных температурах (или с применением тепловлажностной обработки при сравнительно невысокой температуре) с образованием кристаллизации новых химических соединений. Автоклавные твердеют при повышенных темпе-

ратурах (175–200 °С) и повышенном давлении пара в автоклаве (0,9–1,6 МПа); обжиговые – с полной или частичной кристаллизацией из жидких расплавов. К ним относятся керамика, стекло, шлаки, каменные расплавы.

Общая схема классификации строительных материалов представлена на рис. 6.1.



Рис. 6.1. Общая схема классификации строительных материалов

Природные материалы получают непосредственно из недр земли или путем переработки лесных массивов в «деловой лес».

Природные материалы для строительства дорог – это продукция горнодобывающих предприятий (рис. 6.2), которая, в свою очередь, разделяется на магматические, осадочные и метаморфические материалы.

*Магматические породы.* Это группа первичных материалов, которые образовались в процессе остывания магмы. Их основу формируют минеральные компоненты, концентрированные под действием высоких температур и давления.

*Осадочные.* Это породы вторичной группы, которые отличаются тем, что сформировались на поверхности земли при пониженных температурах в условиях среднего давления. Существует внутри этой категории и своя классификация дорожно-строительных материалов,

которая по генетическому признаку выделяет химические, обломочные и органогенные породы. Каждый из этих видов обладает своим набором характерных свойств и эксплуатационных особенностей.



Рис. 6.2. Карьер Микашевичи

*Метаморфические.* Это породы магматических структур, которые образовывались при высоких температурах, но к моменту разработки прошли полное или частичное преобразование.

Каменные природные материалы и изделия классифицируют либо по генетическому признаку, либо по техническим свойствам – средней плотности, прочности, морозостойкости. По химическому составу их подразделяют на кислые (например,  $\text{SiO}_2$ ) и основные (например,  $\text{CaCO}_3$ ).

В основном применяется сырье из обломочных и скальных пород, которые проходят основную переработку и могут использоваться в разных структурах дорожного полотна. Наибольшей прочностью обладают скальные породы, поэтому их закладывают в ответственных технологических слоях. Обломочные породы характеризуются рыхлой структурой и чаще используются как основа для цементобетонных и асфальтобетонных смесей. К основным дорожно-строительным материалам каменной группы относят щебень, булыжник, шашку, высевки, брусчатку и т. д. Также существуют классификации

по степени обработанности и составу. В соответствии с первым признаком материалы разделяют на колотые, штучные и пиленые, а по составу – на простые (однородные) и сложные (агломераты).

Основные производственные процессы происходят на горнодобывающих предприятиях, где осуществляются операции переработки. В частности, выполняются следующие работы по подготовке сырья к дальнейшему использованию в дорожном строительстве: отделение монолитов от основной породы; развалка, измельчение и дробление; помол в мельницах и специальных электротехнических аппаратах; фильтрация через сито; сортировка.

После механической подготовки сырья осуществляются процессы термической, химической и биологической обработки. Это могут быть процедуры обжига, сушки, пропитки, нанесения защитных покрытий и т. д. На заключительной стадии производится контроль дорожно-строительных материалов по нескольким параметрам. В частности, оцениваются фракция, физико-химические качества, технологические и эксплуатационные свойства. Для проверки может использоваться специальное лабораторное оборудование.

Древесные материалы – хвойные и лиственные – разделяются по ассортименту на круглые, пиленые и штучные изделия, а получаемые при переработке побочного продукта (стружка, опилки) также используются для производства плитных и других штучных изделий.

К другим получаемым в природе материалам, полезным для строительных целей, относятся кыры (природный битум), продукты растительного мира (камыш, солома, торф и др.) или животного происхождения (шерсть, коллаген и др.).

Искусственные материалы имеют более обширную классификацию, учитывающую вид вяжущего (органические, неорганические, полимерные), а также технологию их получения (обжиговые, необжиговые). На основе органических вяжущих (битумы, дегти, эмульсии) получают асфальто- и дегтебетоны, а также эмульсионно-минеральные смеси.

Полимерные вяжущие вещества (термопластичные, терморезистивные) являются важной матричной частью полимербетонов, строительных пластмасс, стеклопластиков и других, которые получили название «композиционные материалы».

Использование комплексных вяжущих веществ является основой для создания сложных бетонов (например, полимерцементные бетоны, силикатопolyмерные бетоны и др.).

Обжиговый способ обработки исходных керамических веществ при высоких температурах формирует такие материалы как керамобетон, а на основе стекла – ситалл. Технология каменного литья позволяет получать очень прочные материалы (например, на основе горной породы базальта получают базальтин).

Самостоятельную группу в классификации строительных материалов занимают металлические материалы.

В классификационной схеме строительных материалов в группе «искусственные материалы» могут быть зарезервированы «вакантные места» для еще не созданных новых строительных материалов. Например, вполне возможно появление «металлоцементобетонов» с использованием металлофибровой тонкодисперсной матрицы или песчаных асфальтобетонов на целлюлозно матричной основе.

*Структура и основные свойства строительных материалов.*

Структура (от лат. *structura* – строение, расположение, порядок) – совокупность устойчивых связей объекта, обеспечивающих его целостность, т. е. сохранение основных присущих ему свойств при различных внешних воздействиях и внутренних изменениях.

Структурная характеристика материала – это его паспорт: кристаллическая структура обладает своими свойствами, у аморфной – другие характеристики. Обладая одним и тем же вещественным составом, но различной структурой, материалы при воздействии на них силовых и других факторов будут вести себя совершенно по-разному. Например, скальная горная порода из гранита, природный кварцевый песок, имеющие кристаллическую структуру, и тот же кварцевый песок с поверхностной аморфной (неупорядоченной кристаллической) структурой имеют один и тот же вещественный состав ( $\text{SiO}_2$ ), но совершенно разные свойства вследствие различной структуры.

Свойства материалов широко изменяются от их структуры. Например, прочность материалов при одном и том же вещественном составе может изменяться в 1000 раз и более.

Значительный вклад в теорию и практику материалов внесли академик П. А. Ребиндер, профессора И. А. Рыбьев, Н. В. Горельшев, В. И. Соломатов, И. В. Королев и др.

Структура материалов очень сложна, поэтому для ее изучения используют разнообразные способы.

По методам изучения различают:

1) макроструктуру – строение материала, видимое невооруженным глазом;

2) микроструктуру – строение материала, видимое в микроскоп;

3) ультрамикроструктуру – внутреннее строение вещества, составляющего материал, изучаемого методами электронной микроскопии и рентгеноструктурного анализа.

Исходным базисом в изучении структуры строительных материалов является изучение строения вещества, состоящего из одного или нескольких химических элементов, между которыми существуют устойчивые энергетические связи. Среди этих связей выделяют основные: ионную, ковалентную, металлическую, что обусловлено различием во взаимодействии электронов на внешней (валентной) оболочке атомов.

Ионная связь вызывается силами притяжения между противоположно заряженными ионами.

Ковалентная связь характеризуется принадлежностью электрона одновременно двум атомам, т. е. дополнение недостающих наружных электронов происходит не отбором электронов, как в случае ионной связи, а образованием общих пар электронов у взаимодействующих атомов.

При металлической связи отрицательно заряженные электроны как бы «омывают» положительно заряженные ионы, образующие кристаллический каркас вещества.

Существуют и другие формы химической связи: водородная, характерная для воды, льда; донорно-акцепторная (некоторые полимеры) и др.

Имеют место также межмолекулярные (вандерваальсовы) связи, представляющие собой взаимодействие между нейтральными молекулами, т. е. молекулами с насыщенной валентностью.

Свойства вещества зависят от химического строения молекул, в которых атомы располагаются таким образом, чтобы общая потенциальная энергия системы была минимальной.

Различают кристаллическую и аморфную структуры вещества (рис. 6.3).



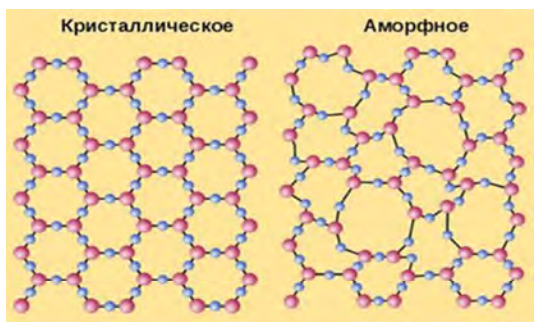


Рис. 6.3. Структуры вещества

Идеальный кристалл имеет пространственную решетку, в узлах которого расположены атомы, ионы и молекулы с периодичностью, характерной для данного вещества. Такое расположение определяется энергетической выгодностью узлов и расстояний между частями, образующими пространственную решетку.

Наряду с кристаллической, имеет место аморфная структура вещества, которая менее устойчива (вследствие избыточной химической активности) и которая при определенных условиях переходит в кристаллическую.

Строение реальных кристаллических и аморфных веществ существенно отличается от идеальных, что вызвано наличием в них различных микродефектов. Наиболее характерными микродефектами в аморфных веществах являются микропоры, а в кристаллических – дислокации (линейные дефекты, искривляющие кристаллическую решетку).

Наибольшее количество микродефектов концентрируется на границе срастания микрочастиц (межкристаллические слои) и на поверхностях раздела фаз – поверхностных слоях. Структура материала у поверхности значительно отличается от структуры в его толще. Атомы и молекулы вещества не уравновешены на поверхности материала другими микрочастицами, вследствие чего они более энергетически активны, чем аналогичные частицы внутри материала. Именно поэтому поверхность материала всегда адсорбирует газообразные (из воздуха) и другие вещества, что существенно изменяет не только свойства поверхностного слоя, но и свойства материала в целом.

Отметим наиболее характерные особенности структуры материалов.

#### 1. Нестабильность.

Структура материалов нестабильна.

Воздействия внешней среды (механические нагрузки и погодноклиматические факторы) постоянно изменяют структуру материалов, вызывая в них внутренние напряжения.

В неоднородных материалах (большинство видов дорожных бетонов) в отдельных местах (поры, микротрещины, контактные слои, дефекты в кристаллах) возникают концентрации микронапряжений и микродеформаций, что при определенных условиях воздействия факторов внешней среды способствует увеличению и накоплению количества дефектов в структуре материала.

Напряженно-деформационные процессы в композиционных материалах в значительной степени являются релаксационными, однако они, как правило, протекают очень медленно (например, время релаксации напряжений для бетона составляет 106 с).

#### 2. Неоднородность.

Структура материалов является неоднородной.

Особенно неоднородной является структура композиционных материалов (асфальто- и цементобетоны), которая в значительной мере зависит от фазового состояния их компонентов (твердое, пластичное, кристаллическое, аморфное и т. п.).

Важнейшими критериями качества структуры являются истинная и средняя плотность, пористость материала, степень адгезии компонентов между собой, крупность и форма зерен заполнителей. Зная эти показатели, можно судить о прочности, долговечности и других свойствах материалов.

Одним из основных показателей качества строительных материалов является их прочность. Теоретическая прочность материалов превышает реальную прочность на несколько порядков. Это объясняется тем, что микродефекты в структуре материала вызывают большую концентрацию напряжений и способствуют ускорению процессов разрушения структуры материалов.

Наиболее высокой прочностью обладает идеально однородный материал, т. е. не имеющий никаких микродефектов в своей структуре.

Большую роль в прочности материалов и других его свойств играет пористость их микроструктуры. При этом различают следующие виды пористости:

– пористость, образующаяся вследствие воздухововлечения во время технологических процессов;

– пористость капиллярная, образующаяся за счет тепломассообменных процессов (например, испарения влаги в бетоне в период набора им прочности);

– пористость конструкционная, образующаяся при формировании ультрамикроструктуры материалов.

Структура оказывает большое влияние на технологические, изоляционные, теплотехнические, акустические, прочностные и эксплуатационные свойства материалов, на их долговечность. Поэтому, умея оптимизировать структуру, можно существенно улучшать свойства материалов. В настоящее время это осуществляется в процессе реализации технологических процессов создания материалов.

#### *Свойства дорожно-строительных материалов.*

Проектировщик и инженер-строитель при выборе материала и обосновании его целесообразности в строительной конструкции (здания, моста, дорожной одежды и т. д.) должен учитывать (прогнозировать) его способность сопротивляться реальным эксплуатационным нагрузкам внешней среды. Под внешней средой, применительно к дорожным объектам, понимают воздействие механических нагрузок от транспорта, погоднo-климатических факторов и химических реагентов.

Прогнозируемое поведение материала при его работе в конструкции предполагает, что в нем не будут происходить нарушения сплошности и изменение размеров в расчетный период при заданных нагрузках внешней среды. Материал в конструкции всегда должен работать надежно, сопротивляясь комплексу сжимающих, растягивающих напряжений и воздействий возможных колебаний температур, водной среды и химических агрессивных веществ (растворов солей, кислот, щелочей и др.).

Следовательно, для обоснования выбора строительного материала необходимо учитывать комплекс его свойств.

Свойством называется способность материалов определенным образом реагировать на воздействие внешних или внутренних силовых, тепловых, усадочных и других факторов внешней среды.

Свойства материалов разделяют на четыре группы: механические, физические, химические и технологические. В совокупности их называют техническими свойствами строительных материалов.

Численные значения свойств (необходимые для сравнения с нормативными требованиями) получают с помощью соответствующих приборов и оборудования при лабораторных или полевых испытаниях материалов.

#### *Механические свойства.*

Механические свойства отражают способность материалов сопротивляться силовым (от механических перегрузок), тепловым и усадочным напряжениям без изменения структуры материала.

Под напряжением, упрощенно, понимают внутреннюю силу, приходящуюся на единицу площади в данной точке данного сечения. Различают полное напряжение, имеющее направление равнодействующей внутренних сил, нормальное и касательное напряжения, направленные, соответственно, вдоль нормали к сечению и вдоль касательной, лежащей в плоскости сечения. Напряжения измеряются в МПа. В зависимости от величины возникающих напряжений материалы деформируются или разрушаются.

Механические свойства разделяют на деформационные и прочностные.

Деформационные свойства характеризуют способность материала изменять первоначальные размеры, форму или объем тела без изменения массы под действием нагрузок или других воздействий (температура, влажность).

Главные виды деформаций – растяжение, сжатие, сдвиг, кручение, изгиб.

Все виды деформаций могут быть обратимыми или необратимыми.

Обратимые деформации, которые исчезают мгновенно и полностью, называются упругими. Деформации, исчезающие через некоторое время или вообще остающиеся, называются пластическими (остаточными).

Твердые тела по-разному реагируют на снятие нагрузки, проявляя при этом свойства упругости или пластичности.

Упругость – свойство материала мгновенно восстанавливать свою форму и объем после прекращения действия внешних сил. Наибольшее напряжение, при котором проявляется лишь упругая деформация, называют пределом упругости. К упругим материалам относятся природные и искусственные каменные материалы, стекло, сталь.

Пластичность – свойство материала необратимо деформироваться под действием внешних сил. К пластичным материалам относят-

ся битумы при положительных температурах, глины в увлажненном состоянии, некоторые виды пластмасс, бетонные и растворные смеси до затвердевания.

Механические свойства материалов оцениваются количественными показателями, получаемыми в результате испытаний. Наибольшую информацию о механических свойствах материала обеспечивает испытание образцов на растяжение при статическом нагружении, в процессе которого строится диаграмма в координатных осях: «механическое напряжение  $\tau$  – относительная деформация  $\varepsilon$ ».

Деформационные свойства строительных материалов обуславливаются релаксационными процессами.

Релаксацией называется процесс самопроизвольного падения внутренних напряжений в материале при условии, что образованная величина деформации остается неизменной, например, жестко зафиксированной.

Время (или период) релаксации определяет продолжительность релаксационных процессов, в результате которых первоначальная величина напряжений при строго зафиксированной деформации снижается в  $e$  раз.

Время релаксации является важной характеристикой строительных материалов: чем оно меньше, тем менее деформативным является материал. Однако время релаксации не является постоянной величиной: оно зависит от температуры испытания и скорости приложения нагрузки. Действительно, напряжение, развиваемое в материале под действием нагрузки, определяется межмолекулярным взаимодействием частиц, что интегрально определяется вязкостью ( $\eta$ ) и модулем упругости материала ( $E$ ), которые зависят от температуры и скорости приложения нагрузки. В связи с этим, деформации могут быть очень сложными – упруго-вязкими или упруго-вязко-пластическими.

Важную роль (кроме температуры) играет продолжительность действия сил и ее сопоставимость с временем релаксации.

Рассмотрим два характерных случая.

При малой продолжительности действия сил (или кратковременном наблюдении) по сравнению с величиной времени релаксации все материалы ведут себя как упруго-хрупкие и имеют полную обратимость деформации, если напряжения не нарушают их сплошно-

сти. Так, например, при малом времени действия сил на воду, время релаксации которой равно порядка 10–11 с, она ведет себя как кристаллическое твердое тело.

При большой длительности действия сил по сравнению с величиной времени релаксации, материал, подобно жидкости, течет.

#### *Прочностные свойства.*

Важным механическим свойством материалов является прочность, т. е. способность материала, не разрушаясь, сопротивляться внутренним напряжениям и деформациям, возникающим под влиянием механических, усадочных, температурных или иных воздействий.

Типичными прочностными характеристиками являются: предел упругости, предел текучести, предел прочности.

Предел упругости – механическая характеристика материалов: напряжение, при котором относительное остаточное удлинение достигает некоторого значения, установленного техническими условиями (например, 0,001 или 0,03 %). Предел упругости ограничивает область упругих деформаций.

Предел текучести – механическая характеристика материалов: наименьшее напряжение, соответствующее состоянию текучести материала образца.

Предел прочности – механическая характеристика материалов: напряжение, соответствующее началу разрушения материала образца, вызываемое наибольшим усилием в нем и определяемое как отношение действующей силы к площади поперечного сечения образца.

Материал может резко терять свою прочность после приложения к нему циклической нагрузки. Это обусловлено усталостью материала – накоплением неотрелаксированных напряжений, вызывающих необратимые микродефекты в его структуре. Соответствующая прочность называется усталостной.

В зависимости от характера приложения нагрузки  $F$  различают прочность на сжатие, растяжение, изгиб, скалывание (срез).

Для экспериментального определения предела прочности материала используют образцы правильной геометрической формы – кубы, призмы, цилиндры, стержни. Размеры образцов, процедура испытания, вид и скорость нагружения, правила обработки результатов выдерживаются в строгом соответствии с требованиями стандарта. Чаще всего материалы испытывают сжимающей или растягивающей нагрузкой  $F$ .

Прочность материала зависит от его структуры и наличия в ней дефектов, пористости, влажности, состояния поверхности и других факторов.

Кроме прочности технической или реальной, существует прочность, рассчитываемая вычислением (теоретическая).

Упрощенный метод оценки теоретической прочности твердых тел был предложен М. Поляни-Орованом исходя из сил молекулярного (атомного) взаимодействия.

Расчеты показали, что теоретическая прочность материалов на порядки (100–10000 раз) выше технической (реальной) прочности.

Большое различие между теоретической и реальной прочностью материалов объясняется наличием микродефектов в структуре существующих материалов (микропоры, микротрещины и т. п.).

Чем крупнее образцы, тем больше они содержат в своей структуре дефектов, а потому их реальная прочность окажется ниже. Зависимость прочности от размера изделий в материаловедении называется масштабным эффектом.

Учитывая большую роль микродефектов (особенно микротрещин) в установлении реальной прочности твердых материалов, интенсивно проводились исследования в области возможных методов расчета.

Прочность лучше, чем другие свойства материала, отражает изменения, происходящие в структуре материала (особенно в кристаллической). Поэтому ее можно изменять в необходимом направлении путем изменения микро- и макроструктуры материалов за счет уменьшения микродефектов. Практически этого достигают введением различных добавок, повышением дисперсности структурных компонентов, изменением пористости и др.

Дополнительными характеристиками механических свойств могут служить: твердость, истираемость и ударная вязкость (динамическая прочность) материалов.

Твердость – свойство материала сопротивляться проникновению в него другого, более твердого, тела. Твердость природных каменных материалов оценивают шкалой Мооса, представленной 10 минералами, из которых каждый последующий своим острым концом царапает все предыдущие. Минералы расположены в порядке возрастающей твердости от 1 до 10: тальк, гипс, кальцит, флюорит, апатит, ортоклаз, кварц, топаз, корунд, алмаз.

Твердость древесины, металлов, бетона и некоторых других строительных материалов определяют, вдавливая в них с силой стальной шарик или твердый наконечник (в виде конуса или пирамиды). В результате испытания вычисляют число твердости.

От твердости материалов зависит их истираемость: чем выше твердость, тем меньше истираемость.

Истираемость – способность материала уменьшаться в массе и объеме под действием истирающих усилий. Истирающему воздействию постоянно подвергаются покрытия автомобильных дорог от колес движущегося транспорта, полы и лестницы зданий от движения людей и т. п.

Сопротивление материала истиранию определяют, пользуясь стандартными методами: кругом истирания и абразивами (кварцевым песком и наждаком).

О более сложном свойстве – износе (износостойкости) материала судят по испытанию пробы определенной массы путем ее вращения в специальном металлическом барабане совместно с набором металлических шаров или без них. Чем больше измельчается проба, тем больше износ, определяемый в процентах (по массе).

Ударная вязкость (динамическая прочность) – способность материала сопротивляться сосредоточенным ударным нагрузкам. Определяется количеством работы, затрачиваемой на излом образца в фиксированном с помощью насечки месте.

Отношение динамической прочности к статической называют динамическим коэффициентом.

#### *Физические свойства.*

Физические свойства характеризуют состояние материала и отражают его способность противостоять физическим эксплуатационным воздействиям. К физическим воздействиям можно отнести осадки в виде дождя или снега, сезонные и суточные изменения температуры воздуха и т. д.

К физическим свойствам относятся свойства, связанные со строением и физическим состоянием материала, например, плотность (истинная, средняя, насыпная), свойства, связанные с отношением материала к воде (водопоглощение, водонасыщение, влажность, гигроскопичность, водонепроницаемость, водостойкость, морозостойкость), свойства, связанные с отношением материала к действию тепла и изменению температуры окружающей среды (теплопровод-



ность, теплоемкость, термостойкость, огнестойкость, огнеупорность), а также к звуковым волнам, действию химических реагентов.

#### *Химические свойства.*

Химические свойства материалов характеризуют способность и степень активности материала к химическому взаимодействию с реагентами внешней среды, а также способность сохранять постоянство состава и структуру в эксплуатационный период.

Некоторые материалы склонны к самопроизвольным химическим изменениям даже в условиях инертной внешней среды, что объясняется неустановившимся равновесием внутренних химических связей. Химические превращения протекают также во время технологических процессов производства и применения материалов.

Большинство строительных материалов проявляет активность при взаимодействии с кислотами, щелочами, агрессивными газами и другими средами.

Постепенное или быстрое изменение структуры и ее разрушение под влиянием агрессивных химических и электрохимических процессов в материале называют коррозией.

К основным химическим свойствам материалов относятся: растворимость, кристаллизация, коррозионная стойкость, атмосферостойкость.

#### *Технологические свойства.*

Технологические свойства выражают способность материала к восприятию технологических операций (переделов), выполняемых с целью изменения его формы, размеров, характера поверхности, плотности и др. Эти свойства определяются числовыми значениями или визуальным осмотром с оценкой способности материала к формуемости (жесткие, пластичные и литые смеси), раскалываемости, шлифуемости, полируемости, дробимости, гвоздимости (удерживанию гвоздя при силовых воздействиях) и другим показателям технологических качеств. Для оценки этих специфических свойств разработаны и, как правило, стандартизированы методы и приборы, обусловлены определенные температурные параметры и режимы для испытаний, скорости нагружения образцов и т. п.

Оценка свойств материалов производится на основе нормативных документов с использованием определенных оценочных критериев, связанных с математической обработкой результатов испытаний.

*Основные материалы, применяемые в дорожном строительстве.*

Дороги в Республике Беларусь – это сложные комплексные инженерные сооружения, где основные элементы автомобильной дороги включают большое количество материалов.

*Земляное полотно* – фундамент дороги, состоящий из отсыпаемых, уплотняемых грунтов, а эти горные породы представляют собой многокомпонентную зернистую систему. Грунты могут укрепляться вяжущими материалами (цемент, жидкие битумы, битумные эмульсии).

Цемент – неорганический гидравлический вяжущий материал, один из важнейших строительных материалов, используемый для приготовления монолитного и сборного бетона и железобетона.

Битум нефтяной дорожный (БНД) вязкий – вяжущий материал, получаемый из остатков перегонки нефти (гудрона).

Битум нефтяной дорожный жидкий – вяжущий материал, получаемый путем разжижения вязких битумов жидкими нефтяными продуктами.

Битумы – сложная смесь высокомолекулярных углеводородов нефтяного происхождения и их неметаллических производных (соединений углерода С с кислородом О, серой S, азотом N). Элементарный химический состав всех битумов достаточно близок: 70–87 % углерода С, до 15 % водорода Н, до 10 % кислорода О, до 1,5 % серы S (в природных битумах – до 10 %), небольшое количество азота N. Элементарный состав не дает представление о десятках химических соединений, содержащихся в битумах. Выделить индивидуальные углеводородные соединения из битумов весьма сложно, поэтому из них специальными методами выделяют группы углеводородов с более или менее сходными свойствами.

Групповой состав битума:

- асфальтены (твердая часть) – 3–30 %;
- карбены, карбоиды – до 3 %;
- мальтены: смолы – 15–30 %, масла – 45–60 %;
- асфальтогеновые кислоты и их ангидриды – до 3 %;
- парафины – 6–8 %.

Асфальтены – это высокомолекулярные углеводороды и их производные с молекулярной массой 1000–5000, плотностью  $\rho > 1$ . При длительном нагревании битума в присутствии воздуха масла переходят в смолы, а те – в асфальтены. Чрезмерно большое количество

асфальтенов в битуме может образовываться под действием солнечной радиации, что вызывает постепенное «старение» битума.

В асфальтенах содержатся карбены, растворимые в  $CCl_4$ , карбониды, нерастворимые в маслах и летучих растворителях.

В состав битумов могут входить также твердые углеводороды – парафины, которые повышают хрупкость битума при пониженных температурах.

Смолы – вязкопластичные аморфные вещества, твердые или полутвердые при обычной температуре, плотностью  $\rho \approx 1$  и молекулярной массой 500–1000. Смолы придают битумам вязущие свойства и пластичность.

Масла – жидкая при обычной температуре группа углеводородов плотностью  $\rho < 1$  и молекулярной массой 100–500. Повышенное содержание масел в битуме придает ему подвижность и текучесть.

Асфальтогеновые кислоты по консистенции могут быть твердыми и высоковязкими. Они способствуют повышению прочности сцепления (адгезии) битума с каменными материалами, деревом, металлом, так как являются поверхностно-активной частью битума.

Вязкие битумы обладают важным свойством – способностью при нагревании (до 80–160 °С) или при добавлении органических растворителей (бензин, керосин, скипидар) переходить в жидкое состояние (приобретая пластичность). В таком виде они хорошо смачивают и пропитывают другие материалы. При охлаждении (до 20–25 °С) или при испарении растворителя вязкие битумы вновь затвердевают, быстро увеличивают вязкость при остывании, прочно прилипают к другим материалам, придавая им гидрофобные (водоотталкивающие) и водонепроницаемые свойства. Вязкие битумы обладают определенной стойкостью к действию водных растворов многих кислот, щелочей, солей и к большинству агрессивных газов, но растворяются в органических растворителях.

Битумы имеют аморфное строение; их пористость практически равна нулю.

Недостатки битума – горючесть и малый интервал температур (когда битум находится в виде твердого, но не хрупкого вещества).

При понижении температуры до –10–20 °С битумы становятся хрупкими, а при температуре выше 90 °С начинают течь.

Для строительных целей битум в чистом виде используют редко.

Чтобы увеличить интервал рабочих температур битума, в него вводят резину (сплавляют с ней), синтетический каучук или полимеры.

Битумы применяются для приготовления битумных эмульсий, битумоминеральных материалов (асфальтобетонов), кровельных и гидроизоляционных материалов, мастик, лаков.

Битумные эмульсии (дорожные) – дисперсная система, состоящая из двух нерастворимых друг в друге жидкостей – воды и битума в присутствии эмульгатора (вещества, препятствующего слипанию капель битума).

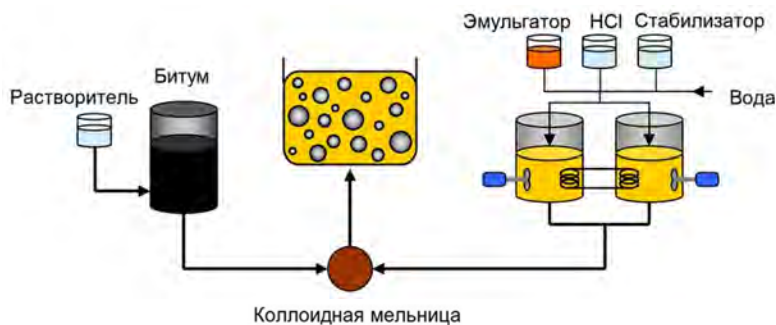


Рис. 6.4. Схема получения битумной эмульсии



Рис. 6.5. Установка производства битумной эмульсии

*Дорожная одежда* состоит из верхнего слоя покрытия, устраиваемого из монолитного асфальтобетона или цементобетона (иногда применяют сборные бетонные плиты); нижнего слоя – основания в виде уплотненного гравия или щебня и заключительного дренирующего слоя – песка.

Асфальтобетоном называют искусственный монолитный строительный материал, получаемый в результате уплотнения и затвердевания рационально подобранной асфальтобетонной смеси, приготовляемой смешением в нагретом состоянии щебня (гравия), природного или дробленого песка, тонко измельченного минерального порошка с органическим вяжущим (вязким нефтяным дорожным битумом). Кроме того, в составе асфальтобетона могут широко применяться местные материалы и отходы промышленности (золы, шлаки и др.). Асфальтобетон часто используется при строительстве дорожных и аэродромных покрытий.

В настоящее время с данным видом покрытий строится около 98 % автомобильных дорог и 10 % взлетно-посадочных полос аэродромов. Это объясняется рядом положительных технических характеристик асфальтобетонных покрытий: значительной механической прочностью в сочетании с деформативностью; хорошими технологическими свойствами смеси, из которой они устраиваются; высоким уровнем механизации работ при укладке смеси и ее уплотнении. Важными преимуществами асфальтобетонных покрытий во время эксплуатации являются низкая шумность, обеспечение требуемого сцепления с колесом автомобиля, ровность дорожной одежды. В проезжей части мостов и путепроводов асфальтобетон является верхним слоем дорожной одежды, укладываемой на пролетное строение. Он непосредственно воспринимает энергетические нагрузки проходящих транспортных средств и погодно-климатических факторов. Поэтому, чтобы быть прочным и долговечным, асфальтобетон должен обладать определенными свойствами, противодействующими указанным воздействиям внешней среды. К ним относятся сдвигоустойчивость, трещиностойкость, износостойкость и достаточная прочность щебня, соответствующая условиям уплотнения асфальтобетона и воздействию силовых нагрузок от тяжеловесных транспортных средств. Технические характеристики асфальтобетона зависят от следующих факторов: количественного соотношения составляющих компонентов; показателей качества применяемых материалов

(щебня, песка, минерального порошка, битума); стабильности технологических процессов приготовления асфальтобетонной смеси; стабильности технологии транспортирования смеси и ее уплотнения на месте укладки.

Асфальтобетонную смесь приготавливают на специализированных предприятиях дорожной отрасли – асфальтобетонных заводах (АБЗ). Технология приготовления смеси состоит из ряда операций:

- 1) предварительное дозирование холодного щебня (гравия) и песка;
- 2) подача этих компонентов в сушильный барабан для удаления влаги и нагревания;
- 3) подача компонентов в горячем состоянии (180–200 °С) на виброгрохоты смесительной установки и разделение на требуемые фракции;
- 4) смешение крупного и мелкого заполнителей с горячим битумом (140–170 °С) и минеральным порошком (без подогрева).



Рис. 6.6. Уплотнение асфальтобетонной смеси

Цементобетон – композиционный строительный материал, состоящий из зернистого минерального остова (щебень, гравий), скрепленного затвердевшим цементным раствором (песок + цемент) при

соответствующем уплотнении в покрытии автомобильных дорог или сооружениях (мосты, тоннели).

В составе дорожного бетона содержатся такие компоненты:

*Вязущее.* Это то самое вещество, которое склеивает компоненты бетона в единый монолит. Вообще, набор вяжущих в строительстве очень широк: от топливных шлаков и золы до синтетических полимерных смол. Но в дорожном строительстве используется только чистый портландцемент или шлакопортландцемент. Именно он сочетает в себе высокую прочность, водо- и морозостойкость при относительно небольшой стоимости.

*Крупный заполнитель.* Это сыпучий материал с размером зерен от 5 до 20 (иногда до 40) мм, который образует жесткий скелет бетона. Его функцию чаще всего выполняет прочный щебень. Но если его нет в наличии или он стоит слишком дорого, то можно использовать и другие материалы: гравий или даже бой бетона.

*Мелкий заполнитель.* Обычно это песок или отсев, которые заполняют собой пустоты между крупными зернами. За счет этого бетон становится более плотным, а значит – более прочным, устойчивым к воздействию динамических нагрузок, водонепроницаемым и морозостойким.



Рис. 6.7. Укладка цементобетонной смеси

*Добавки.* Добиться идеальных характеристик бетона, используя только три основных компонента, практически невозможно. Поэтому в него вводят дополнительные химические присадки. Как правило, это воздухововлекающие и пластифицирующие добавки. Иногда также добавляют фиброволокно для повышения технических характеристик.

Гравий – каменный материал, образовавшийся в результате естественного разрушения горных пород и минералов, размерами 1–10 мм.

Щебень – каменный материал, получаемый путем дробления горных пород до размеров от 5 до 70 мм на щебеночных заводах.

Песок – рыхлая горная порода с преимущественным содержанием зерен размером до 5 мм.



Рис. 6.8. Минеральный наполнитель

Элементы обустройства автомобильных дорог, включающие дорожные ограждения, дорожные знаки, дорожную разметку и водопропускные сооружения, могут быть изготовлены из различных материалов.

Дорожные ограждения могут быть металлические, тросовые, бетонные.

Дорожные знаки изготавливают из листовой черной или оцинкованной стали, алюминиевых сплавов, стеклопластика и пластмасс.



Дорожная разметка – материалами для разметки служат пленкообразующие материалы, краски, плиты и кнопки, изготовленные из бетона, стали и пластика.

Водопропускные сооружения, как правило, изготавливают из монолитного или сборных частей железобетона.

Железобетон – цементобетон с включенной в него стальной арматурой, главным образом для восприятия растягивающих напряжений.

Помимо обширного ассортимента стандартизированных материалов в дорожном строительстве существует значительный сегмент второстепенных и вспомогательных изделий и отходов производства. К таким относятся жидкое стекло, гипсовые вяжущие, фибролиты и даже продукция деревоперерабатывающей промышленности.

## 7. СТРОИТЕЛЬСТВО И ЭКСПЛУАТАЦИЯ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

*Строительство автомобильной дороги* предусматривает комплекс технологических, инфраструктурных и управленческих процессов по сооружению автомобильной дороги.

Строительство автомобильной дороги начинается с *подготовительных работ*, включающих в себя геодезические работы по переносу оси дороги с бумаги на местность, валку леса, перенос коммуникаций, снятие плодородного слоя, затем следует сооружение системы водоотвода.

Лес удаляют лесовальными машинами, моторными или электрическими пилами. Лес спиливают преимущественно в зимний период в целях обеспечения лучших условий просушки дорожной полосы в весеннее время до начала земляных работ и облегчения трелевки и вывозки полученного при прорубке просеки леса по зимнему пути, особенно при наличии заболоченности. Корчевку пней выполняют корчевателями-собирающими (рис. 7.1), а при небольших объемах – бульдозерами (см. рис. 7.2).

Снятие растительного грунта производится поперечным перемещением почвы на половине ширины дорожной полосы косыми проходами бульдозера (под углом к продольной оси дорог) с тем, чтобы при каждом проходе обеспечивалась полная загрузка бульдозера, соответствующая его мощности (рис. 7.3).



Рис. 7.1. Корчеватели-сборатели

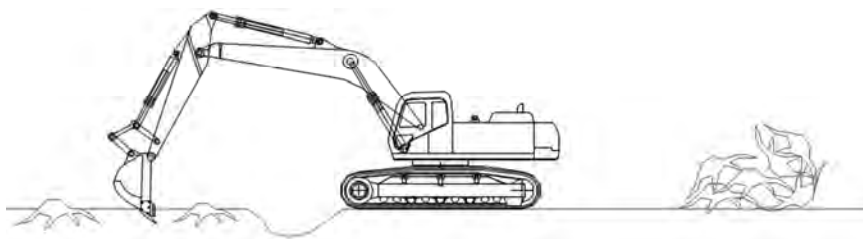


Рис. 7.2. Пример корчевки пней экскаватором, оборудованным ковшом



*а*



*б*

Рис. 7.3. Пример снятия растительного слоя бульдозерами:  
*а* – Dressta TD-20M Extra; *б* – Shantui SD16

Растительный грунт укладывают рядом со строительной площадкой, и по окончании строительства он используется для укрепления откосов и благоустройства, а излишки – в народном хозяйстве.

Следующим этапом строительства является *устройство* сооружений для регулирования водно-теплового полотна.

Нагорные каналы и ограждающие валы устраивают до начала работ по возведению насыпей и разработке выемок, а кюветы и водосборные каналы, проходящие у подошвы насыпи, обычно устраивают сразу после снятия плодородного грунта. В выемках кюветы и водосборные каналы сооружают в процессе удаления недобора грунта.

Водопропускные трубы – это сооружения под насыпями, служащие для пропуска ливневых и талых вод и небольших постоянно действующих водотоков (расход воды 100–130 м<sup>3</sup>/с) (рис. 7.4). Трубы бывают бетонные, железобетонные, металлические. В зависимости от гидравлического режима могут работать как напорные (все сечение трубы заполнено водой), безнапорные (сечение по высоте заполнено на две-трети) и полунанпорные (все сечение трубы заполнено полностью только наполовину трубы).



Рис. 7.4. Устройство водопропускных труб

Работы по устройству водопропускных труб выполняют экскаваторами с ковшом емкостью 1,0–1,25 м<sup>3</sup>, автомобильным краном грузоподъемностью не менее 16 т, катками комбинированными или пневмоколесными, бульдозерами на базе трактора на гусеничном

ходу. Технологические этапы по устройству труб следующие. Для начала производят разбивочные работы, которые заключаются в выносе и закреплении в натуре точки пересечения оси дороги с продольной осью трубы, отмечаемой высотными кольями, а также временный репер.

Устройство основания включает комплекс работ, обеспечивающих равномерную и надежную опору конструкции на грунт, а именно, устройство котлована, укладку материала основания, уплотнение основания катком или вибротрамбовками, устройство противofiltrационных экранов, монтаж звеньев трубы с помощью крана и устройство гидроизоляции рулонными битумно-полимерными материалами с последующей засыпкой трубы.

Далее начинаются работы по возведению земляного *полотна*. Земляное полотно как конструктивный элемент служит основанием для размещения дорожной одежды, а также технических средств организации дорожного движения и обустройства автомобильной дороги. В зависимости от принятого проектного решения производится дальнейшая отсыпка насыпей грунтами или разработка выемок. Эту работу выполняют различные машины, такие, как бульдозеры, автогрейдеры, скреперы, экскаваторы.

Грейдеры (рис. 7.5) целесообразно применять при возведении насыпей из грунта боковых резервов при высоте насыпей до 0,75 м при равнинном или слабопересеченном рельефе, а также при перемещении из резерва в насыпь автогрейдерами на дорогах низших категорий при сравнительно небольших объемах работ. Вырезание грунта автогрейдером в резерве и поперечное перемещение его в насыпь осуществляют круговыми проходами машин при длине захватки не менее 400–500 м.



Рис. 7.5. Грейдер

Бульдозеры (рис. 7.6) наиболее эффективны при возведении из грунта боковых резервов насыпей высотой от 1 до 2 м, что позволяет механизировать практически весь комплекс работ, за исключением окончательной планировки поверхности земляного полотна и выработанных боковых резервов, которые обычно выполняются автогрейдером.



Рис. 7.6. Бульдозер

Для возведения насыпей из грунтов боковых резервов используют, как правило, экскаваторы с оборудованием типа «драглайн» или «обратная лопата» (рис. 7.7). Существует несколько способов разработки грунта экскаватором: может находиться на самой отсыпаемой насыпи; на берме, располагаемой между подошвой насыпи и внутренней бровкой резерва. Отсыпка насыпи осуществляется из одного резерва на половину ее ширины, а затем из противоположного резерва на вторую половину ширины.



Рис. 7.7. Экскаватор JCB JS 220LC

Возведение насыпей скреперами (рис. 7.8) из грунта боковых резервов выполняют при высоте насыпей от 2,5 до 3 м, причем при работе с плотными грунтами их предварительно разрыхляют на толщину срезаемой стружки. Для рыхления глинистых грунтов используют рыхлители.



Рис. 7.8. Скрепер

Главной задачей дорожников после отсыпки насыпи или разработке выемки является качественное уплотнение грунта, от которого будет зависеть качество и срок службы дороги в целом. Можно выделить следующие способы уплотнения грунта в зависимости от технологии выполнения работ: укатка, трамбовка, вибрационное уплотнение.

При уплотнении способом укатки слой рыхлого грунта уплотняют в две стадии. В начале работ во избежание сдвигов и образования волн грунта перед рабочими органами уплотняющей машины выполняют прикатку легким катком массой от 6 до 12 т, а затем основную укатку – более тяжелым катком массой 25 т и более. Для укатки применяют решетчатые катки, кулачковые катки, вибрационные катки и катки на пневмошинах.

Решетчатые катки применяют для предварительного уплотнения комковатых глинистых грунтов, а также песчаных и глинистых грунтов с мерзлыми комьями.

Вибрационные катки (рис. 7.9) применяют преимущественно для уплотнения песчаных и крупнообломочных грунтов.





Рис. 7.9. Вибрационный каток Bomag BW 213-D5

Для уплотнения глинистых грунтов применяют кулачковые катки (рис. 7.10), а также катки на пневматических шинах.



Рис. 7.10. Кулачковый дорожный каток Bomag BW 213-D5

Выбор катков зависит от разновидностей уплотняемых грунтов: супеси тяжелые пылеватые, легкие суглинки; суглинки легкие пылеватые, суглинки тяжелые; тяжелые пылеватые суглинки, глины.

Трамбование применяют для уплотнения грунтов естественных оснований, при доуплотнении существующих насыпей, отсыпанных из песчаных и глинистых грунтов, без их разборки, в стесненных местах. Этим способом можно уплотнять грунты слоями большой толщины за один-два прохода машины. Метод трамбования позволяет получить плотность грунтов значительно выше максимальной стандартной плотности, уплотнять грунты при влажности ниже допустимых пределов. Трамбование можно использовать для уплотнения прочных комковатых грунтов, в том числе и крупнообломочных.

При выборе уплотняющей машины отдают предпочтение самоходным механизмам непрерывного действия.

При уплотнении слоев большой толщины от 1 до 2 м, для уплотнения грунтов пониженной влажности, а также для достижения плотности грунтов выше стандартной максимальной плотности используются свободно падающие с высоты от 2 до 6 м трамбующие плиты массой от 2 до 15 т, которые подвешиваются к стреле экскаватора-крана соответствующей грузоподъемности.

Вибрирование применяют для уплотнения крупнообломочных, песчаных, несвязных и малосвязных глинистых грунтов. Одномерные пески эффективно уплотняют только вибрированием.

Прицепными и самоходными виброкатками массой от 4 до 5 т рекомендуется уплотнять грунт слоями от 40 до 50 см, катками с большей массой можно уплотнять песчаные грунты на глубину от 60 до 80 см и более.

После окончания уплотнительных работ выполняют планировочные, отделочные и укрепительные работы.

Для планировки могут быть использованы бульдозеры с откосопланировщиком, автогрейдер тяжелого типа с откосником и удлинителем отвала, драглайн с ковшем  $0,65 \text{ м}^3$ , экскаватор с планировочным ковшом, бульдозер класса 100 кН.

Укрепление откосов позволяет обеспечить устойчивость земляного полотна от оползания и разрушения. Существуют следующие способы укрепления откосов земляного полотна: засев трав, одерновка, мощение, каменная наброска, укладка укрепленного грунта, асфальтобетонной смеси, асфальтовых и бетонных плит и другие (рис. 7.11).

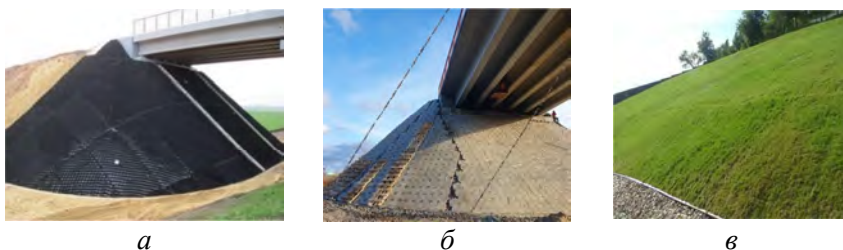


Рис. 7.11. Примеры укрепления откосов земляного полотна:  
а – геосинтетическими материалами; б – бетонными плитами;  
в – засевом многолетних трав



По окончании работ по возведению земляного полотна на отдельном участке дороги обязательно выполняют работы по рекультивации всех временно занимаемых земель, нарушенных при земляных работах, в том числе площадей выработанных боковых и сосредоточенных резервов грунта; временных землевозных и объездных дорог; участков, нарушенных размещением стоянок и маневрированием в процессе работ землеройных машин и транспортных средств.

Восстановление нарушенных земель для сельскохозяйственного использования разделяют на технологическое и биологическое.

Технологическое восстановление состоит из приведения нарушенных площадей в порядок с приданием им требуемых уклонов, планировки, нанесения требуемого слоя плодородного растительного грунта, а биологическое заключается в восстановлении структуры и плодородия почвы посредством организации правильной обработки, культивации почвенного слоя и правильного севооборота.

*Строительство дорожной одежды.* Дорожная одежда – несущая конструкция, которая предназначена для обеспечения прочности, сдвигоустойчивости, ровности и шероховатости проезжей части, а также для передачи нагрузок от колес автомобильного транспорта на земляное полотно, защиты земляного полотна от атмосферных воздействий и промерзания в зимний период (рис. 7.12).

При выборе дорожно-строительных материалов для строительства дорожных конструкций, в первую очередь, учитываются их физико-механические и прочностные характеристики, обеспечивающие необходимую физическую жесткость конструктивных слоев дорожной одежды в отдельности и дорожной конструкции в целом. Однако, принимая во внимание экстремальные погодные-климатические условия эксплуатации автомобильных дорог в нашей республике – средний диапазон температур воздуха от минус 25 до 35 °С, чрезмерное накопление в дорожной конструкции влаги в весенний и осенний периоды, ее промерзание в зимний период совместно с попеременным оттаиванием-замерзанием во время оттепелей – целесообразно при расчете дорожных одежд учитывать и теплофизические свойства применяемых материалов, определяющих температурную жесткость конструктивных слоев.

Перед устройством дорожной одежды верхний слой земляного полотна необходимо профилировать, а при необходимости увлажнить грунт до оптимальной влажности и уплотнить до требуемой

плотности. Устройство дополнительных слоев оснований выполняются из несвязных щебеночных и гравийных материалов, песка, и укрепленных грунтов. На дорогах высших категорий в основном применяются щебеночные основания оптимального состава, а также устраиваемые по методу заклинки.

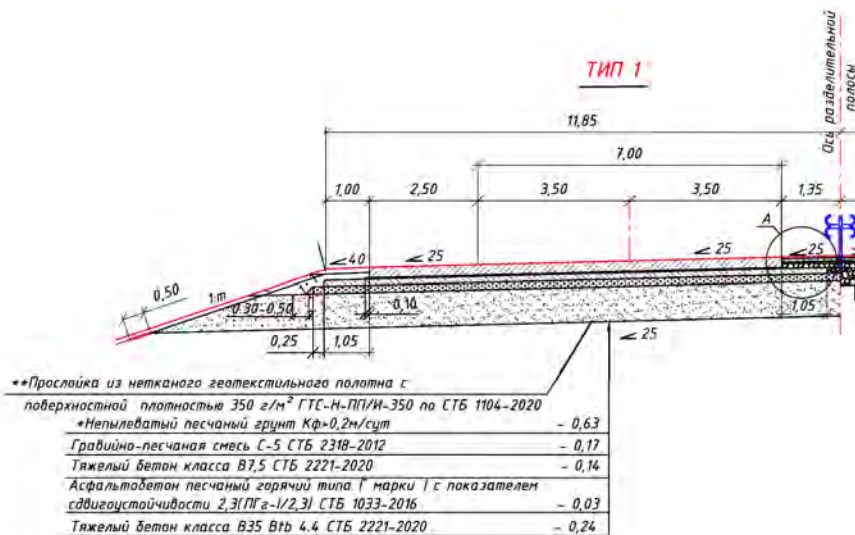


Рис. 7.12. Пример конструкции дорожной одежды для автомобильной дороги I категории

Эти технологии имеют ряд преимуществ технологического характера, но у них есть и свои недостатки, такие, как дискретность по составу и недостаточная прочность по сдвигу в подстилающем грунте, что негативно сказывается на эксплуатационных свойствах тех конструкций дорожных одежд, которые имеют высокую интенсивностью движения и большие нагрузки на ось автомобиля.

Для устранения этих недостатков применяются армирующие и разделяющие прослойки, что повышает прочность и сдвигоустойчивость основания, уменьшает его толщину и экономит щебень, улучшает дренаж воды.

Геосинтетические материалы применяются для усиления и разделения конструктивных слоев нежестких дорожных одежд при

строительстве, реконструкции и капитальном ремонте автомобильных дорог общего пользования (рис. 7.13).



*а*



*б*



*в*

Рис. 7.13. Примеры геосинтетических материалов:  
*а* – геосетка; *б* – георешетка; *в* – геотекстиль

Геосинтетические материалы применяются в дорожной конструкции в качестве армирующих, разделительных и дренирующих прослоек. Например, армирование щебеночного основания георешетками (геосетками) позволяет повысить несущую способность основания и всей конструкции дорожной одежды в целом, не увеличивая ее материалоемкость. Таким образом снижают динамику накопления и величину остаточных деформаций дорожной конструкции, и это связано, в первую очередь, со снижением величины сдвигающих напряжений в подстилающем слое из песка.

Применение разделительных прослоек из нетканых геотекстильных полотен снижает материалоемкость дорожной конструкции, предотвращает проникновение материала щебеночного основания в песок подстилающего слоя. Еще одна функция геотекстильного материала – обеспечение дренажа воды, попадающей на прослойку через материал обочины и дорожную одежду, или грунтовой воды,

попадающей в зону прослойки за счет капиллярного поднятия или конденсации паровоздушной влаги.

Покрытие дорожной одежды является верхним слоем дорожной одежды и воспринимает нагрузки от колес подвижного состава, воздействия природных факторов, также определяет основные эксплуатационные качества автомобильной дороги (ровность, шероховатость, сцепление). В зависимости от типа покрытия (усовершенствованное капитальное, усовершенствованное облегченное, переходное и низшее) применяют различные материалы для устройства покрытий: грунт укрепленный и неукрепленный, песчано-гравийные смеси, щебень, подобранные каменные материалы, укрепленные органическими и неорганическими вяжущими. В данном пособии рассмотрим покрытия из асфальтобетонных и цементобетонных смесей, как наиболее применяемых.

*Устройство покрытий из асфальтобетонных смесей* (рис. 7.14). Основным материалом для строительства дорожных покрытий является асфальтобетон. Асфальтобетонные покрытия обладают целым рядом преимуществ по сравнению с другими видами покрытий: относительно высокой прочностью и деформативностью; хорошим сцеплением колес автомобиля с покрытием; ровностью; высокой шумопоглощающей способностью; возможностью вторичного использования материалов, ремонтпригодностью.



*a*



*б*

Рис. 7.14. Укладка слоя покрытия из асфальтобетонной смеси:  
*a* – выгрузка и распределение смеси асфальтоукладчиком;  
*б* – уплотнение смеси катками

Долговечность асфальтобетона характеризует его способность обеспечивать требуемые эксплуатационные характеристики дорож-

ного покрытия в течение заданного срока службы. Долговечность асфальтобетона находится в зависимости от ряда факторов, но наибольшее влияние на нее оказывают качество самого материала, режим воздействия транспортных нагрузок и природно-климатические условия. Первые два фактора, влияющие на долговечность асфальтобетонных покрытий, поддаются не только изучению, но и регулированию, третий – является объектом изучения с целью учета тех или иных особенностей природно-климатической зоны. На работу асфальтобетона в покрытии большую роль оказывает водная среда, под которой подразумеваются: атмосферные осадки; водяные пары; грунтовые воды; увлажнение водой за счет других источников. Проникновение воды в асфальтобетон вызывает в нем изменение структурно-механических свойств из-за отслаивания пленки битума от зерен минерального материала, что приводит к целому ряду повреждений различного характера. Срок службы асфальтобетонных покрытий в значительной степени зависит от водно-теплого режима основания и земляного полотна, чем и обусловлены особенности его разрушения в различных дорожно-климатических районах Республики Беларусь.

Обычно покрытие из асфальтобетона имеет несколько слоев, что обусловлено тем, что верхний слой испытывает более интенсивное воздействие погодно-климатических факторов. Нижние пористые слои обладают большей устойчивостью к пластическим и хрупким деформациям, т. е. устойчивы к образованию колеи и трещин.

Асфальтобетонные смеси приготавливают на производственных предприятиях (рис. 7.15). Существует большое разнообразие асфальтобетонных заводов, которые можно разделить на стационарные, передвижные и полустационарные, а также по производительности (объему выпускаемой смеси в единицу времени) на малые, средние и большие.

*Устройство покрытий из цементобетонных смесей.* В условиях продолжающегося роста интенсивности движения автотранспортных средств и особенно тяжелых колесных нагрузок обеспечить сохранности автомобильных дорог и увеличение сроков службы дорожных одежд является приоритетной задачей. Для решения этой проблемы целесообразно строительство цементобетонных дорожных покрытий.



Рис. 7.15. Завод по приготовлению асфальтобетонных смесей

Цементобетонные покрытия в сравнении с асфальтобетонными имеют преимущества, которые заключаются в высокой прочности, долговечности и способности пропускать тяжелые осевые нагрузки.

Реальный срок службы цементобетонных покрытий почти в 2 раза превосходит реальный срок службы асфальтобетонных. При этом следует отметить, что на цементобетонных покрытиях нет колееобразования, отсутствуют ограничения для проезда в осенне-весенний и жаркий периоды года, у них более низкая стоимость содержания (нет интенсивного образования выбоин и трещин).

Что касается такой эксплуатационной характеристики покрытия, как ровность, то цементобетонные покрытия имеют преимущество перед асфальтобетонными покрытиями по причине низких темпов ухудшения состояния и более высокой надежности.

Цементобетонные покрытия устраивают непосредственно на месте строительства из свежеложенного бетона. Толщину бетонной плиты назначают по расчету, и обычно она колеблется в пределах 15–30 см (рис. 7.16).

Бетонное покрытие укладывают на искусственное основание из грунта или песка, обработанного цементом; щебня; щебня, обработанного вяжущим, или из других прочных материалов. Обеспечение необходимой ровности и прочности основания позволяет существенно снизить напряжения в цементобетонном покрытии, повысить его работоспособность.



Рис. 7.16. Внешний вид бетоноукладчика Gomaso GHP-2800

Цементобетонные смеси готовят на производственных предприятиях – бетоносмесительных заводах (рис. 7.17). На сегодняшний день экономически обосновано применение передвижных смесительных установок.



Рис. 7.17. Общий вид мобильной бетоносмесительной установки INS MAKINA 120BS

**Реконструкция автомобильной дороги** – комплекс работ, при выполнении которых осуществляется изменение параметров автомобильной дороги, ее участков, ведущий к изменению класса и (или) категории автомобильной дороги, либо влекущий за собой изменение границы полосы отвода автомобильной дороги.

При реконструкции выполняют уширение земляного полотна (рис. 7.18) и дорожной одежды, увеличение радиусов кривых в плане и профиле, увеличение габаритов искусственных сооружений, устройство пересечений в разных уровнях и другие работы.

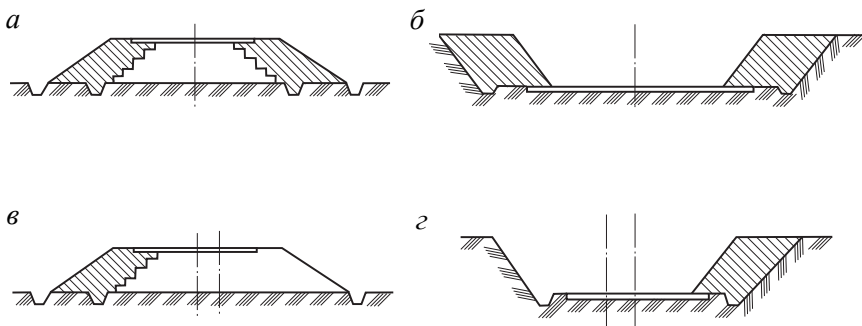


Рис. 7.18. Схемы уширения земляного полотна:  
 а, б – двухстороннее и одностороннее уширение в насыпях;  
 в, г – двухстороннее и одностороннее уширение в выемках

Технологии дорожно-строительных работ будут аналогичны, как и при строительстве дорог. Особенностью является факт работы в стесненных условиях – ровиках уширения, для чего используют малогабаритную дорожно-строительную технику.

**Капитальный ремонт** – совокупность работ, включая строительные-монтажные, пусконаладочные, и мероприятий по восстановлению утраченных в процессе эксплуатации технических, эксплуатационных и потребительских качеств объекта строительства, осуществляемых путем восстановления (усиления), улучшения и (или) замены отдельных конструкций, деталей, инженерно-технического оборудования объекта строительства, выполняемых в том числе с применением новых материалов и технологий.

При выполнении капитального ремонта, а иногда и реконструкции дороги, применяют технологию холодного ресайклинга. Технология предусматривает переработку асфальтобетонного покрытия и верхнего слоя основания путем измельчения и перемешивания с комплексным вяжущим, состоящим из битумной эмульсии и цемента. Переработанный и уложенный материал служит новым конструктивным слоем, в котором на 90–95 % используются материалы старой дорожной одежды, что дает ресурсосберегающий эффект. Холодные регенерированные асфальтобетонные смеси могут укладываться в верхние слои основания (I–III категории), в нижний (III категория) или верхний слои покрытия (IV–V категории) (рис. 7.19).



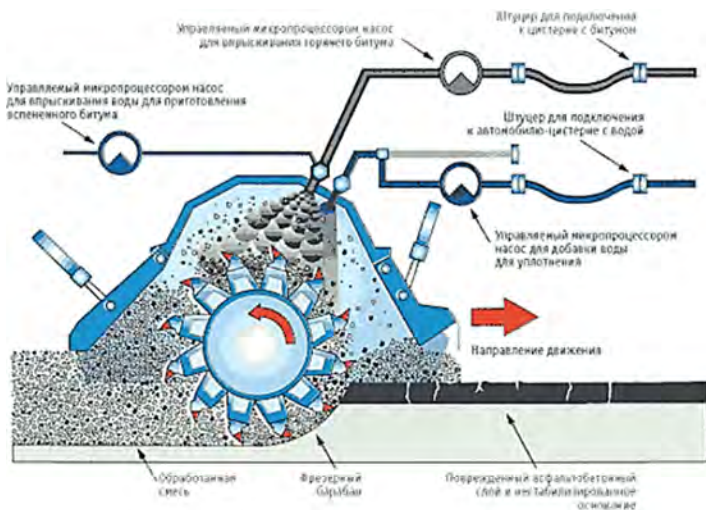


Рис. 7.19. Схема регенерации дорожных покрытий

В основе технологии холодного ресайклинга лежит повторное использование старого фрезерованного асфальтобетонного покрытия. Она может применяться как для восстановления, так и для повышения несущей способности дорожных одежд.

Холодные регенерированные асфальтобетонные смеси представляют собой смесь асфальтового гранулята (фрезерованного асфальтобетонного покрытия), специальной катионной битумной эмульсии, цемента, воды, взятых в определенных соотношениях.

Холодные регенерированные асфальтобетонные смеси приготавливаются в стационарных или мобильных установках, специальных смесителях-укладчиках и укладываются в конструктивные слои дорожной одежды в холодном состоянии. Такие смеси могут приготавливаться и укладываться с помощью специальных машин-ресайклеров, которые измельчают конструктивные слои существующей дорожной одежды, перемешивают измельченный материал с вяжущим и водой и укладывают полученную смесь для дальнейшей планировки и уплотнения в новый конструктивный слой.

Эксплуатация дорог предусматривает выполнение текущего ремонта дорог и их содержания.

Автомобильные дороги в течение года подвержены воздействию множеству циклов замораживания и оттаивания при наличии интен-

сивного воздействия нагрузок от движущихся транспортных средств. Таким образом, материал дорожного покрытия подвергается воздействию статических и динамических нагрузок, влиянию погодноклиматических факторов.

Повышенная влажность в весенний период, частые переходы температуры через ноль градусов совместно с транспортным воздействием приводят к разрушениям покрытий дорог и снижению эксплуатационного состояния. Появление выбоин, колейности, выкрашивания, трещин, прикромочной ямочности и других дефектов, в зависимости от типа покрытия, требует выполнения эффективных и высококачественных ремонтных работ, которые способны продлить сроки функционирования дорожных покрытий. При недостаточных объемах финансирования дорожных работ возникает снижение транспортно-эксплуатационного состояния дорог, что влечет за собой увеличение стоимости автоперевозок и затрат на ремонты.

Стабильность во времени структуры и свойств асфальтобетона под воздействием внутренних и внешних факторов (вода, замораживание-оттаивание, кислород воздуха, ультрафиолетовое и инфракрасное облучение, характер и степень взаимодействия битума с минеральным материалом, структура и состав битума и т. д.) на практике может характеризоваться степенью его старения в межремонтные.

Следовательно, не может быть длительно эксплуатируемых дорожных покрытий без каких-либо видов разрушения, например, отдельных трещин, выбоин, колеи, сетки трещин. Но количество дефектов должно быть ограничено и не должно приводить к снижению эксплуатационной надежности асфальтобетонных покрытий.

Преждевременность разрушений дорожных покрытий и периодичность назначаемых и выполняемых ремонтов на автомобильных дорогах зависит от долговечности и работоспособности дорог. Нормативные сроки службы дорог с заданной надежностью не совпадают с фактическими сроками при эксплуатации до момента проведения капитального ремонта. Поэтому необходимо учитывать вопросы улучшения качественных характеристик как автомобильных дорог в целом, так и дорожного покрытия в частности, и разрабатывать мероприятия по повышению долговечности.

Для поддержания покрытий автомобильных дорог в требуемом транспортно-эксплуатационном состоянии рассмотрим работы, выполняемые при текущем ремонте.

**Текущий ремонт** – комплекс работ по восстановлению транспортно-эксплуатационных характеристик дороги, при выполнении которых не затрагиваются конструктивные и другие характеристики надежности и безопасности автомобильной дороги. Основные работы, выполняемые при текущем ремонте – это устройство шероховатых слоев, слоев износа, водонепроницаемых слоев, защитных слоев.

Устройство *тонкослойного фрикционного износостойкого защитного покрытия «Тонфриз»* позволяет восстановить потребительские свойства покрытия за счет устранения дефектов и повышения сцепных качеств, обеспечить хорошую гидроизоляцию дорожной одежды, увеличить износостойкость покрытия за счет высокого содержания твердых фракций, снизить уровень шума от транспортных средств за счет однородной структуры, обеспечить высокую адгезию защитного слоя к существующему дорожному покрытию, снизить аквапланирование транспортных средств (рис. 7.20–7.21).

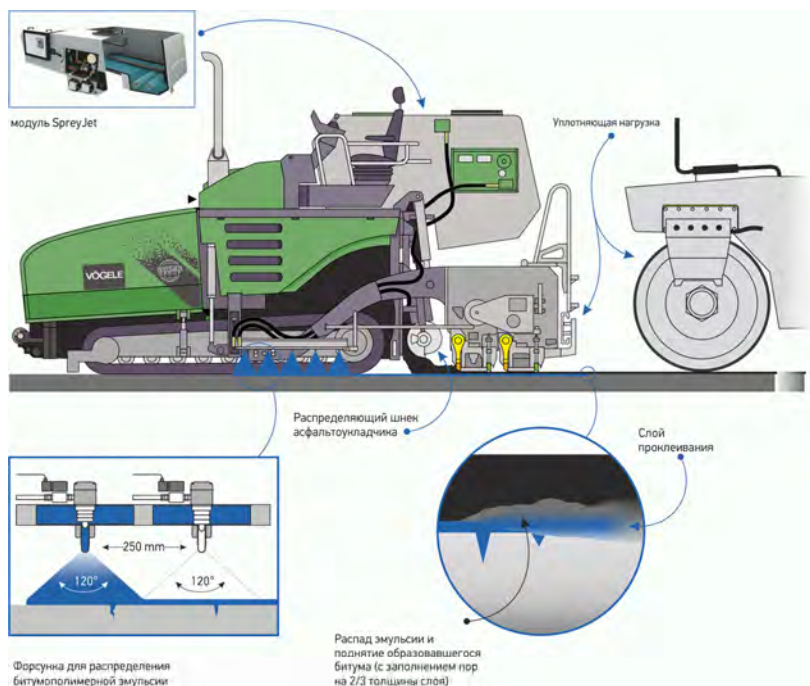


Рис. 7.20. Схема устройства тонкослойного фрикционного износостойкого защитного покрытия «Тонфриз»



Рис. 7.21. Вид покрытия «Тонфриз» после укладки

Поверхностная обработка – верхний слой износа, придающий шероховатость и водонепроницаемость дорожному покрытию, устраиваемый путем россыпи щебня по слою битумного вяжущего, нанесенного на покрытие. Поверхностная обработка бывает одиночная, двойная и зубчатая (рис. 7.22).

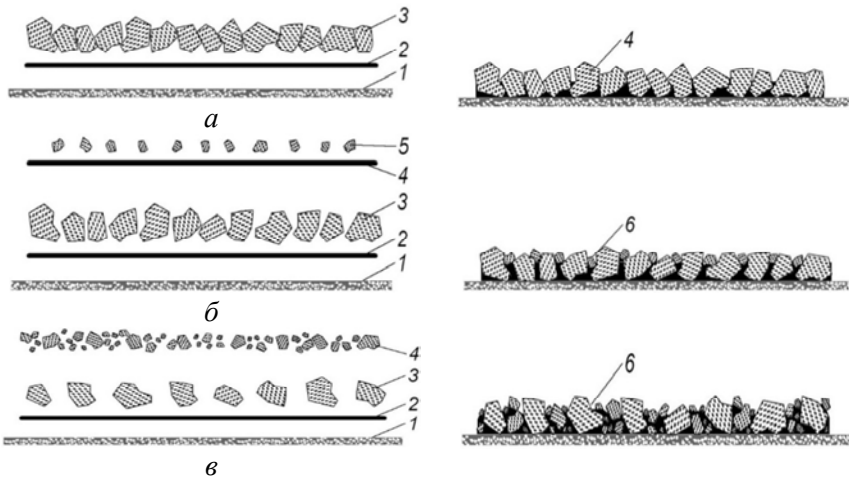


Рис. 7.22. Способы устройства поверхностной обработки  
*а* – одиночная; *б* – двойная; *в* – зубчатая

Одиночную и зубчатую поверхностную обработку устраивают при отсутствии дефектов профиля для восстановления нормируемого значения коэффициента сцепления колеса автомобиля с дорож-

ным покрытием. Зубчатая поверхностная обработка устраивается на дорогах III–V категории с интенсивным движением тяжелых транспортных средств.

Сроки службы поверхностной обработки зависят от интенсивности движения тяжелых транспортных средств. Для увеличения сроков службы защитного шероховатого слоя предлагают использовать защитные слои из *холодных литых битумоминеральных смесей*, где вяжущим веществом является битумная эмульсия.

Следует отметить, что использование битумных эмульсий при ремонте автомобильных дорог имеет ряд преимуществ и приводит к снижению использования битумов.

Холодные литые асфальтобетонные смеси применяются в качестве слоев износа, гидроизоляции и фрикционных слоев. Такие слои позволяют получить на покрытии плотную однородную смесь, нанесенную на покрытие, а не «приклеенный» каменный материал при традиционных поверхностных обработках. Данная технология имеет и положительный экологический эффект, так как холодная и при производстве ремонтных работ эмульсия не требует нагрева материала до температур выше 65 °С, что не приводит к старению битума (рис. 7.23).



Рис. 7.23. Вид уложенного защитного слоя из холодных литых асфальтобетонных смесей

Нанося защитный слой холодными литыми битумоминеральными смесями, мы одновременно можем герметизировать волосяные и средние трещины, что невозможно сделать другими технологиями.

После укладки слоя отсутствует эффект «выноса» каменного материала (эффект разбитых лобовых стекол), а низкая «шумность»

покрытия позволяет наносить эти слои в населенных пунктах и зонах отдыха.

Для укладки слоев применяют специальные укладочные комплексы с высокой производительностью (рис. 7.24), которые помимо укладки выполняют приготовление смеси и равномерное распределение ее по поверхности дорожного покрытия.



Рис. 7.24. Примеры смесителей укладчиков для устройства защитных слоев из холодных литых асфальтобетонных смесей:

*а* – смеситель-укладчик HD-10; *б* – смеситель-укладчик Macropaver 12B

Автомобильные дороги с жестким покрытием и ездое полотно искусственных сооружений в процессе эксплуатации также теряют свои транспортно-эксплуатационные свойства и требуют восстановления. Одним из способов ремонта таких покрытий является устройство мембранных промежуточных прослоек между слоем бетона и асфальтобетона, что позволяет снизить касательные напряжения или компенсировать их, тем самым повысить долговечность покрытия.

*Мембранная технология* (рис. 7.25) используется для устройства защитных и защитно-гидроизоляционных слоев покрытий, которые придают им высокую трещиностойкость, водонепроницаемость, что способствует дополнительной гидроизоляции, обеспечивающей защиту от коррозионного разрушения несущих конструкций искусственных сооружений и тем самым увеличивают межремонтные сроки службы таких покрытий в 2–2,5 раза.

**Содержание автомобильной дороги** – комплекс работ по поддержанию нормативно-технического состояния автомобильной дороги, а также по организации и обеспечению безопасности дорожного движения.





*а*



*б*



*в*

Рис. 7.25. Устройство защитного слоя по мембранной технологии:  
*а* – устройство мембраны из модифицированного битума;  
*б* – укладка технологического слоя из щебня по мембране;  
*в* – укладка защитного слоя из асфальтобетона

В зависимости от времени года различают зимнее и весенне-летне-осеннее содержание (содержание дорог в бесснежный период).

*Зимнее содержание автомобильных дорог* – комплекс мероприятий по обеспечению бесперебойного дорожного движения на автомобильных дорогах в зимний период, включающий защиту автомобильных дорог от снежных заносов, ликвидацию зимней скользкости и очистку от снега. Для оперативной организации работ в зимний период все дороги разделены на пять групп по уровню требований к эксплуатационному содержанию.

Уровни требований к зимнему содержанию автомобильных дорог – требования к транспортно-эксплуатационным характеристикам конструктивных элементов автомобильных дорог и улиц, устанавливаемые с учетом их народнохозяйственного и административного значений, интенсивности движения и природно-климатических факторов.

На выполнение всех видов работ предусмотрены директивные сроки обработки покрытий дорог и укрепленных обочин ПГМ, очистки от рыхлого снега, в течении которых дорожные организации выполняют работы.

Работы по зимнему содержанию делятся на защиту дорог от снежных заносов, ликвидацию зимней скользкости и снегоочистку проезжей части и обочин дорог.

*Защита дорог от снежных заносов.* Снегозаносимость дорог связана с образованием на дорогах снежных заносов, что приводит в зависимости от толщины слоя снега на покрытии к снижению скоростей автотранспорта, затруднению движения или полной остановки движения. Для обеспечения снегонезаносимости дороги земляное полотно должно быть аэродинамически обтекаемым для ветра без образования вихревых зон, а скорость ветра должна быть достаточной для сдувания выпавшего снега.

Защитить участки дорог от снежных заносов можно тремя способами: задерживать переносимый снег на подступах к дороге и вызывать снежные отложения на безопасном расстоянии от дороги, увеличивать скорость снеговетрового потока над дорогой, предотвращая снежные отложения, полностью укрыть дорогу от снега специальными сооружениями. Первые два нашли широкое применение.

Для защиты дорог от заносов используют устройство в полосе отвода постоянных (рис. 7.26) и временных снегозадерживающих сооружений (рис. 7.27).

*Ликвидация зимней скользкости* – это комплекс работ, в соответствии с уровнем требований к автомобильной дороге, направленный на недопущение образования зимней скользкости (профилактические работы), очистку автомобильных дорог от снежных образований с применением противогололедных материалов или без них, повышение сцепных качеств автомобильной дороги с колесом автомобиля путем распределения противогололедных материалов на снежные, ледяные и снежно-ледяные образования.

Для своевременной и качественной ликвидации зимней скользкости организации-владельцы автомобильных дорог организуют работу диспетчерских по оперативному реагированию на всевозможные изменения, влияющие на транспортно-эксплуатационное состояние дорог. Для этого используют прогнозы погоды, патрулирование дорог дежурными службами, работу дорожных измерительных станций и др.

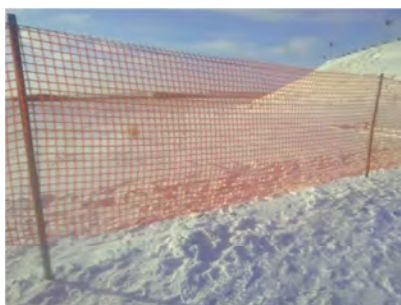




Рис. 7.26. Постоянные снегозащитные сооружения «живая» изгородь из елей и лесополоса



*а*



*б*

Рис. 7.27. Пример размещения временных снегозащитных сооружений:  
*а* – снегозащитные щиты; *б* – полимерные сетки

Дорожная измерительная станция (ДИС) – автоматизированная информационная система, осуществляющая сбор, передачу и обработку данных о состоянии дорожного покрытия, условиях окружающей среды, а также, в отдельных случаях, об интенсивности дорожного движения (рис. 7.28, рис. 7.29).



Рис. 7.28. Пример ДИС

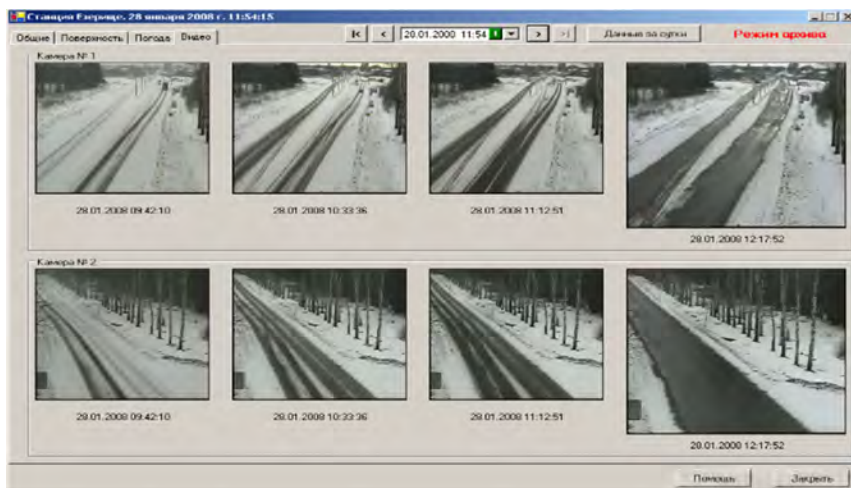


Рис. 7.29. Отображение данных ДИС на рабочем месте диспетчера

Для ликвидации скользкости используют противогололедные материалы, которые распределяют песко-солераспределителями, а для снегоочистки – плужные и роторные снегоочистители (рис. 7.30). Противогололедный реагент – химическое вещество, обеспечивающее плавление снега, льда и снежно-ледяных образований. К основным дорожным противогололедным реагентам относят неорганические и органические соли натрия, калия, кальция, магния и их

комбинации, спирты, гликоли, карбамиды и др. Ингибиторы коррозии – химические соединения или их композиции, присутствие которых замедляет коррозию дорожных конструкций, находящихся в контакте с противогололедным материалом.



*а*



*б*



*в*

Рис. 7.30. Машины для зимнего содержания автомобильных дорог:  
*а* – плужный снегоочиститель; *б* – роторный снегоочиститель;  
*в* – распределитель противогололедных материалов

Рассмотрим основные работы по содержанию дорог в бесснежный период.

Основные задачи содержания земляного полотна по периодам года:

- 1) в весенний период – исключить переувлажнение грунтов земляного полотна талыми и грунтовыми водами;
- 2) в летний период – выполнить работы по очистке и восстановлению дефектов водоотводных устройств, обочин и откосов;
- 3) в осенний период – предупредить переувлажнение земляного полотна атмосферными осадками, обеспечить минимальную влажность слагающих его грунтов.

*Содержание покрытия* – комплекс профилактических работ по выявлению и устранению незначительных по объему повреждений и дефектов, а также по предотвращению их развития, проводимый в течение года с целью поддержания транспортно-эксплуатационного состояния автомобильной дороги с покрытием, устроенным из щебеночно-гравийно-песчаной смеси, в соответствии с требованиями, установленными нормативными документами.

При содержании покрытий для обеспечения требуемого транспортно-эксплуатационного состояния автомобильной дороги проводятся комплекс профилактических работ (с учетом сезона) (рис. 7.31).



Рис. 7.31. Профилировка гравийного покрытия

В весенне-летне-осенний период года следует выполнять:

- локальное восстановление дорожной одежды на участках с пучинистыми и слабыми грунтами на площади до 1000 м<sup>2</sup>;
- уход за участками дорог с пучинистыми и слабыми грунтами с установкой временного ограждения и регулированием движения;
- устранение мелких деформаций и повреждений асфальтобетонных покрытий (выбоин, просадок, выкрашивания и других дефектов) с нарезкой и без нарезки «карт», устранение дефектов на участках ранее выполненного ремонта, в том числе замену литого асфальтобетона;
- устранение скользкости, вызванной выпотеванием битума;
- ремонт сколов и обломов, выбоин с нарезкой и без нарезки «карт» цементобетонных покрытий, замену, подъем и выравнива-

ние отдельных плит, защиту цементобетонных покрытий от поверхностных разрушений;

- устранение повреждений бордюров, замену отдельных бордюрных камней;

- профилактические работы по локальной замене дефектных участков дорожного покрытия (покрытия с сеткой трещин, шелушением, скоплением выбоин, в том числе отремонтированные без нарезки «карт» в зимний период года) или их временной консервации;

- герметизацию трещин;

- восстановление и заполнение деформационных швов.

Материалы и технологии для заделки выбоин в бесснежный период:

- асфальтобетонные смеси (горячие и теплые);

- складуемые органоминеральные смеси);

- струйно-инъекционная технология (рис. 7.32);

- битумоминеральные литые смеси;

- рециклированные горячие смеси плотные и литые;

- эмульсионно-минеральные складуемые смеси;

- смеси, укладываемые способом пропитки (рис. 7.32) и др.



*а*



*б*

Рис. 7.32. Способы ремонта асфальтобетонных покрытий дорог:

*а* – заделка выбоины струйно-инъекционным способом;

*б* – заделка выбоины способом пропитки

При выполнении работ по заделке выбоин можно использовать технологии с разделкой «карт» и без (рис. 7.33).

Для герметизации трещин асфальтобетонных покрытий выбирают технологию в зависимости от природы образования трещины и ее ширины раскрытия. Трещины бывают отраженные, технологические, температурные и силовые.

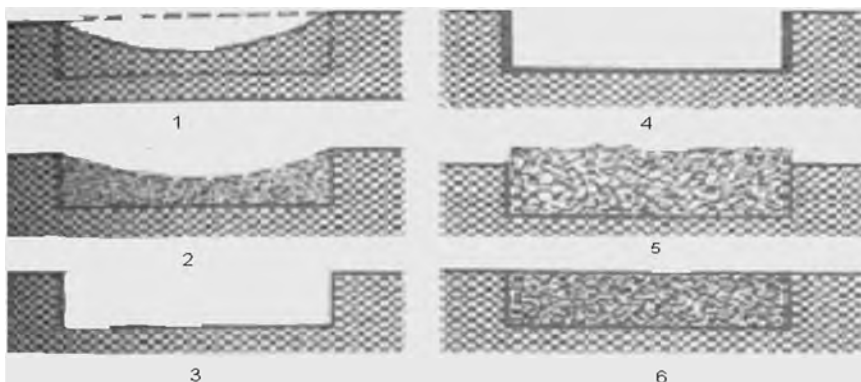


Рис. 7.33. Последовательность заполнения «карты» ремонтной смесью:  
 1 – разметка контуров «карт»; 2 – нарезка контуров «карт»; 3 – очистка «карт»;  
 4 – грунтовка дна и стенок «карт»; 5 – укладка и разравнивание смеси;  
 6 – уплотнение смеси и поверхностная герметизация мест сопряжения

Технологии герметизации бывают холодные (с использованием битумных эмульсий), горячие (с использованием битумных мастик, битумных полимерных лент) (рис. 7.34). Если имеются разрушения кромок трещин на ширину более 15 мм, то трещины ремонтируют как выбоины: без предварительной подготовки ремонтируемых участков способом пропитки, струйно-инъекционным способом или с устройством «карт» с размером стороны не менее 20 см.



Рис. 7.34. Пример герметизации трещины асфальтобетонного покрытия



## Термины и определения

*В разделе приведены термины и определения основных понятий на основании технических нормативно-правовых актов Республики Беларусь.*

**Автомобильная дорога** – комплексное сооружение, предназначенное для движения с установленными скоростями, нагрузками и габаритами автомобилей и иных наземных транспортных средств, осуществляющих перевозки пассажиров и (или) грузов, а также участки земель, предоставленные для их размещения.

**Автомобильная дорога необщего пользования** – дорога, предназначенная для использования в порядке, определяемом ее владельцем с учетом требований, установленных законодательством Республики Беларусь.

**Автомобильная дорога общего пользования** – дорога, предназначенная для использования любыми лицами с учетом требований, установленных законодательством Республики Беларусь.

**Активная зона основания насыпи** – мощность толщи грунтового основания, принимаемая в расчет при прогнозе осадки и устойчивости насыпи.

**Асфальтобетон** – уплотненная асфальтобетонная смесь в слое дорожной конструкции.

**Асфальтобетонная смесь** – рационально подобранная смесь минеральных материалов с органическим вяжущим, взятых в определенных соотношениях и перемешанных в нагретом состоянии.

**Банкет** – сооружение правильной формы (трапецеидального или треугольного сечения) из грунта, отсыпаемого вдоль верхней бровки выемки для ограждения и защиты ее откосов от размыва поверхностными водами.

**Берма** – площадка, устраиваемая на поверхности откоса насыпи или выемки с целью повышения общей устойчивости откоса, размещения снега и прохода машин при производстве на откосе работ по содержанию и ремонту. Бермой также называют площадку, присыпаемую к обочине и используемую для установки дорожных знаков, опор освещения, размещения автобусных остановок и т. п.

**Берма боковая пригрузочная** – грунтовая призма, устраиваемая у подошвы насыпи с целью повышения устойчивости ее откос-

ной части на косогоре или предотвращения бокового выпора и выдавливания грунта основания из-под насыпи при ее отсыпке на слабых грунтах (см. также контрбанкет).

**Бровка земляного полотна** – линия пересечения плоскости откоса и поверхности обочины в месте их сопряжения.

**Выемка** – земляное сооружение, выполненное путем срезки естественного грунта по заданному профилю; при этом вся поверхность земляного полотна расположена ниже поверхности земли.

**Высота насыпи (проектная)** – расстояние, измеренное от бровки земляного полотна до уровня поверхности земли.

**Высота насыпи строительная** – проектная высота насыпи с запасом на осадку.

**Гарантийный срок** – период, на который подрядчик гарантирует бесплатное выполнение работ, связанных с устранением недостатков, выявленных в установленный договором срок.

**Герметизация трещин** – восстановление сплошности покрытия путем заполнения полостей неразделанных трещин (далее – полостей трещин) или пазов разделанных трещин (далее – пазов трещин) герметизирующими материалами холодного или горячего нанесения.

**Герметизирующий слой** – тонкий слой герметизирующего материала, устраиваемый с целью заполнения микротрещин и их прикромочных зон.

**Дефекты содержания автомобильной дороги** – дефекты, повреждения, возникающие под воздействием движения автотранспорта или в результате хозяйственной деятельности человека, под влиянием природно-климатических факторов, которые устраняются методами и технологиями содержания дорог.

**Дно корыта** – условное определение уплотненной поверхности земляного полотна (с боковыми валиками грунта или без них), на которой непосредственно устраивают конструкцию дорожной одежды.

**Допустимая влажность грунта при уплотнении  $W_{\text{доп}}$**  – значение влажности грунта, при которой может быть обеспечена требуемая плотность.

**Дренарующий слой** – конструктивный слой, предназначенный для сбора и отвода воды, поступающей в дорожную одежду. Устраивают дренарующий слой из фильтрующих материалов с коэффициентом фильтрации (при максимальной плотности) не менее 1 м/сут.



**Заложение откоса** – горизонтальная проекция откоса.

**Земляное полотно** – конструктивный элемент, служащий основанием для размещения дорожной одежды, а также технических средств организации дорожного движения и обустройства автомобильной дороги.

**Зимний период** – период года, характеризующийся установившейся среднесуточной температурой воздуха ниже 5 °С зимой и весной или ниже 10 °С осенью (ориентировочно – с ноября по март месяц включительно).

**Искусственные сооружения** – инженерные сооружения, устраиваемые для проезда транспортных средств в местах пересечений автомобильных дорог с водотоками, оврагами, другими дорогами и препятствиями, а также для пропуска пешеходов, диких животных и прогона скота.

**Кавальер** – геотехническое сооружение в виде насыпи правильной формы, отсыпанной вдоль верхней бровки выемки из грунта, разработанного в выемке и не используемого по тем или иным причинам для отсыпки насыпей.

**Контрбанкет** – инженерное сооружение из камня или грунта, устраиваемое в виде присыпки к насыпи у ее подошвы взамен подпорных стен.

**Коэффициент заложения откоса насыпи** – отношение высоты насыпи к горизонтальной проекции откоса земляного полотна.

**Коэффициент относительного уплотнения** – отношение требуемой плотности сухого грунта в насыпи к фактической плотности сухого грунта в резерве (выемке) или карьере.

**Коэффициент уплотнения** – отношение плотности сухого грунта в насыпи к максимальной плотности сухого грунта при стандартном уплотнении.

**Коэффициент фильтрации грунта** – показатель водопроницаемости грунта, равный скорости фильтрации воды сквозь грунт при напорном градиенте, равном единице.

**Крутизна откоса** – отношение высоты откоса к его горизонтальной проекции (заложению).

**Кювет** – боковая водоотводная канава, расположенная непосредственно вдоль подошвы земляного полотна.

**Лоток** – искусственно укрепленная водоотводная канава или элемент водосборных и водосбросных сооружений.

**Максимальная плотность (стандартная плотность)  $\rho_{d \max}$**  – наибольшая плотность сухого грунта, которая достигается при испытании грунта методом стандартного уплотнения.

**Мостовое сооружение** – инженерное (искусственное) сооружение на дорогах, включающее пролетные строения и опоры, предназначенное для пропуска дороги над различными препятствиями: реками, ущельями, другими дорогами или на некоторой высоте над поверхностью земли.

**Насыпь** – инженерное земляное сооружение, устраиваемое из природных и (или) техногенных грунтов выше уровня поверхности земли.

**Неблагоприятный период года (расчетный период)** – период наибольшего увлажнения земляного полотна (обычно весенний), в течение которого влияние автомобильного движения на работу дорожной конструкции является наиболее существенным.

**Нежелательная древесно-кустарниковая растительность** – дикорастущие деревья и кустарники на откосах и обочинах земляного полотна, в боковых канавах и на открытых участках полосы отвода, ухудшающие условия эксплуатации автомобильной дороги.

**Нежелательная травянистая растительность** – растения высокого роста, снижающие видимость элементов дорожной обстановки, а также растения с легкозагорающим опадом, усиливающие пожарную опасность в лесной зоне.

**Нормативный срок службы дорожного покрытия** – период времени службы дорожного покрытия, в течение которого его эксплуатационные показатели отвечают нормативным требованиям.

**Нормативный срок службы дорожной одежды** – период времени службы дорожной одежды, в течение которого ее несущая способность соответствует нормативным требованиям.

**Обеспыливание покрытия** – комплекс мер по предотвращению и снижению пылеобразования покрытия из щебеночно-гравийно-песчаной смеси.

**Обочина** – элемент дороги, примыкающий непосредственно к проезжей части и предназначенный для обеспечения устойчивости земляного полотна, повышения безопасности дорожного движения, организации движения пешеходов и велосипедистов, а также использования при чрезвычайных ситуациях.

**Объекты дорожного сервиса** – здания и сооружения, расположенные в пределах полосы отвода и предназначенные для обслужи-

вания участников дорожного движения (остановочные пункты маршрутного пассажирского транспорта, в том числе с павильонами, площадки для кратковременной остановки транспортных средств, площадки для отдыха со стоянками транспортных средств, устройства аварийно-вызывной связи и иные сооружения).

**Объекты придорожного сервиса** – здания и сооружения, расположенные на придорожной полосе и предназначенные для обслуживания участников дорожного движения в пути следования (мотели, гостиницы, кемпинги, станции технического обслуживания, автозаправочные станции, пункты питания, торговли, связи, медицинской помощи, мойки, средства рекламы и иные сооружения).

**Оптимальная влажность  $W_0$**  – значение влажности грунта, соответствующее максимальной плотности сухого грунта  $\rho_{d \max}$ .

**Основание выемки** – массив грунта ниже границы рабочего слоя.

**Основание естественное (грунтовое)** – массив грунта в условиях естественного залегания, используемый в качестве несущего основания насыпи или дорожной одежды в выемке.

**Основание насыпи** – массив грунта в условиях естественного залегания, располагающийся ниже насыпного слоя, а при низких насыпях – ниже границы рабочего слоя.

**Отвод земельного участка** – предусмотренные законодательством об охране и использовании земель землеустроительные мероприятия, включающие в себя процедуры формирования, изъятия и (или) предоставления земельного участка, установления и закрепления его границы, государственной регистрации создания земельного участка и возникновения прав, ограничений (обременений) прав на земельный участок.

**Откос** – боковая наклонная поверхность, ограничивающая искусственное земляное сооружение (земляное полотно, дамбу и др.) или склоны естественного рельефа.

**Откос земляного полотна** – поверхность, сопрягающая обочину с поверхностью придорожной полосы или водоотводного сооружения.

**Отраженная трещина** – дефект покрытия, возникающий в результате концентрации напряжений в асфальтобетоне в зоне существующих швов и трещин основания (бетонных плит, укрепленных цементом грунтов, старого трещиноватого асфальтобетонного покрытия) при горизонтальных и вертикальных перемещениях плит и блоков основания.

**Плодородный слой** – верхний слой почвы, обладающий необходимым уровнем плодородия для ведения сельского хозяйства.

**Плотность грунта  $\rho$**  – масса единицы объема грунта.

**Плотность сухого грунта  $\rho_d$**  – отношение массы грунта за вычетом массы воды и льда в его порах к его первоначальному объему.

**Подошва насыпи** – нижняя поверхность тела насыпи, опирающаяся на естественный грунт.

**Покрытие дорожное асфальтобетонное** – однослойная или многослойная конструкция, устроенная из различных типов асфальтобетонных смесей с защитным слоем или без него.

**Покрытие дорожное цементобетонное** – усовершенствованное капитальное покрытие из цементобетона, одно- или двухслойное монолитное или сборное.

**Полоса отвода автомобильной дороги (полоса отвода)** – земельные участки (независимо от категории земель), которые предназначены для размещения конструктивных элементов автомобильной дороги, искусственных сооружений и на которых располагаются также объекты придорожного сервиса.

**Придорожные полосы (контролируемые зоны)** – земельные участки, прилегающие с обеих сторон к полосе отвода и имеющие особые условия использования.

**Профилирование (профилировка) покрытия** – технологическая операция, производимая путем выравнивания автогрейдером поверхности покрытия из щебеночно-гравийно-песчаной смеси как с добавлением, так и без добавления минеральных материалов.

**Расчетный срок службы дорожной одежды (применяется при разработке проектов)** – период времени, в пределах которого происходит снижение прочности и надежности дорожной одежды до расчетного уровня, предельно допустимого по условиям движения.

**Силовая трещина** – дефект покрытия, появляющийся в результате возникновения напряжений от действия транспортной нагрузки при недостаточной несущей способности основания и (или) при недостаточной прочности асфальтобетона на изгиб.

**Стандартное уплотнение** – послойное (в три слоя) уплотнение образца грунта с постоянной работой уплотнения.

**Температурная трещина** – дефект покрытия, появляющийся в результате возникновения температурных напряжений при охлажде-

нии покрытия в сочетании с недостаточной прочностью асфальтобетона при растяжении.

**Технологическая трещина** – дефект покрытия, возникающий в результате неправильного подбора состава асфальтобетонной смеси, нарушения технологии устройства конструктивных слоев и уплотнения смеси, в процессе уплотнения смеси при недостаточной прочности основания, а также в местах продольных и поперечных сопряжений смежных полос асфальтобетонного покрытия, сопряжения покрытия проезжей части с остановочными, переходно-скоростными или укрепленными полосами.

**Трещина** – линейный дефект дорожного покрытия, выражающийся в нарушении его сплошности, возникающий от действия погодноклиматических факторов, транспортной нагрузки или в результате нарушения технологии производства работ при устройстве дорожной одежды.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Баженов, Ю. М. Технология бетона / Ю. М. Баженов. – М. : Высшая школа, 1976. – 454 с.
2. Дорожно-строительные материалы : учебник для автомобильно-дорожных институтов / И. М. Грушко [и др.]. – М. : Транспорт, 1983.
3. Жуковский, Е. М. Повышение качества ямочного ремонта / Е. М. Жуковский, Я. Н. Ковалев, С. Е. Кравченко // Дорожное строительство и его инженерное обеспечение [Электронный ресурс] : материалы Международной научно-технической конференции / редкол.: С. Е. Кравченко (гл. ред.) [и др.]; сост. В. А. Ходяков. – Минск : БНТУ, 2021. – С. 54–64.
4. Ковалев, Я. Н. Активационно-технологическая механика дорожного асфальтобетона : учебное пособие / Я. Н. Ковалев. – Минск : Вышэйшая школа, 1990. – 179 с.
5. Ковалев, Я. Н. Активационные технологии дорожных композиционных материалов : учебное пособие / Я. Н. Ковалев. – Минск : БелЭн, 2002. – 336 с.
6. Ковалев, Я. Н. Дорожно-строительные материалы и изделия : учебно-методическое пособие / Я. Н. Ковалев, С. Е. Кравченко, В. К. Шумчик. – Минск : Новое знание, 2013.
7. Ковалев, Я. Н. Строительное материаловедение. Лабораторные работы (практикум) : учебно-методическое пособие / Я. Н. Ковалев [и др.]; под ред. проф. Я. Н. Ковалева. – Минск : БНТУ, 2007.
8. Ковалев, Я. Н. Инновационные технологии в дорожном материаловедении = Innovation technologies in road construction material science / Я. Н. Ковалев // Наука и техника. Серия 2. Строительство = Science & Technigue. Series 2. Civil and industrial engineering. – 2015. – № 2. – С. 9–15.
9. Ковалев, Я. Н. Проблемы подготовки и повышения квалификации инженерных и научных кадров дорожной отрасли Республики Беларусь / Я. Н. Ковалев, С. Е. Кравченко, В. Н. Яглов // Инновации в бетоноведении, строительном производстве и подготовке инженерных кадров: сборник статей по материалам Международной научно-технической конференции, посвященной 100-летию со дня рождения И. Н. Ахвердова и С. С. Атаева, Минск, 9–10 июня 2016 г. : в 2 ч. / Белорусский национальный технический университет; ред-

кол.: Э. И. Батяновский, В. В. Бабицкий. – Минск, 2016. – Ч. 2. – С. 211–214.

10. Кравченко, С. Е. Дорожно-строительные материалы и изделия (практикум) : пособие для студентов специальности 1-70 03 01 «Автомобильные дороги» / С. Е. Кравченко, С. Н. Соболевская, Е. М. Жуковский ; Белорусский национальный технический университет, кафедра «Автомобильные дороги». – Минск : БНТУ, 2022. – 85 с.

11. Кравченко, С. Е. Лабораторная оценка и прогнозирование срока службы дорожных покрытий из эмульсионно-минеральных смесей на местных материалах по критерию усталостной повреждаемости / С. Е. Кравченко, П. В. Вавилов, А. Е. Голятин // Автомобильные дороги и мосты. – 2013. – № 1. – С. 29–33.

12. Кравченко, С. Е. О необходимости учета теплофизических свойств при проектировании конструкций дорожных одежд и выборе материалов / С. Е. Кравченко, Ж. В. Реут // Дорожное строительство и его инженерное обеспечение : материалы Международной научно-технической конференции / Белорусский национальный технический университет ; редкол.: С. Е. Кравченко (гл. ред.) [и др.]. – Минск : БНТУ, 2020. – С. 48–51.

13. Кравченко, С. Е. Повышение достоверности прогнозирования срока службы асфальтобетонных покрытий / С. Е. Кравченко // Наука – образованию, производству, экономике : материалы 15-й Международной научно-технической конференции. – Минск : БНТУ, 2017. – Т. 3. – С. 47.

14. Кравченко, С. Е. Содержание и ремонт автомобильных дорог : пособие мастеру по ремонту и содержанию автомобильных дорог / С. Е. Кравченко, Ж. В. Реут, С. Н. Соболевская ; Белорусский национальный технический университет, кафедра «Строительство и эксплуатация дорог». – Минск : БНТУ, 2015. – 401 с. : ил.

15. Мытько, Л. Р. Автомобильные дороги : пособие для студентов специальности 1-70 03 01 «Автомобильные дороги» / Л. Р. Мытько ; Белорусский национальный технический университет, кафедра «Автомобильные дороги». – Минск : БНТУ, 2022. – 92 с.

16. Общий курс строительных материалов : учебное пособие для строит. спец. вузов / И. А. Рыбьев [и др.] ; под ред. И. А. Рыбьева. – М. : Высшая школа, 1987.

17. Организация производства и управление предприятием [Электронный ресурс] : учебно-методический комплекс для студентов специальности 1-70 03 01 «Автомобильные дороги» / Белорусский национальный технический университет, кафедра «Строительство и эксплуатация дорог»; сост.: Ж. В. Реут, А. А. Куприянчик. – Минск : БНТУ, 2018.

18. Реут, Ж. В. Влияние транспортно-эксплуатационного состояния покрытий на функционирование дорожной сети / Ж. В. Реут // Наука – образованию, производству, экономике : материалы Десятой международной научно-технической конференции : в 4 т. / Белорусский национальный технический университет ; редкол.: Б. М. Хрусталеv, Ф. А. Романюк, А. С. Калиниченко. – Минск : БНТУ, 2012. – Т. 3. – С. 123.

19. Реут, Ж. В. О сроках службы дорожных покрытий / Ж. В. Реут // Наука – образованию, производству, экономике : материалы 11-й Международной научно-технической конференции. – Минск : БНТУ, 2013. – Т. 3. – С. 128.

20. Реут, Ж. В. Обеспечение транспортно-эксплуатационного состояния автомобильных дорог при содержании и ремонте / Ж. В. Реут // Наука – образованию, производству, экономике : материалы 13-й Международной научно-технической конференции. – Минск : БНТУ, 2015. – Т. 3. – С. 203.

21. Реут, Ж. В. Факторы, влияющие на сроки службы автомобильных дорог / Ж. В. Реут // Проблемы и перспективы развития автомобильных дорог СНГ [Электронный ресурс] : материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 90-летию Леоновича Ивана Иосифовича / ред.: С. Н. Соболевская, Е. В. Богданова. – Минск : БНТУ, 2019. – С. 187–192.

22. Рыбьев, И. А. Основы строительного материаловедения в лекционном изложении : учебное пособие / И. А. Рыбьев. – М. : АСТ, 2006.

23. Рыбьев, И. А. Строительное материаловедение : учебное пособие / И. А. Рыбьев. – М. : Высшая школа, 2002. – 701 с.

24. Ицкович, С. М. Технология заполнителей бетона / С. М. Ицкович, Л. Д. Чумаков, Ю. М. Баженов. – М. : Высшая школа, 1991.

25. Сериков, Д. Л. К вопросу оценки напряженно-деформированного состояния асфальтобетона / Д. Л. Сериков, С. Е. Кравченко // Автомобильные дороги и мосты. – 2014. – № 1. – С. 43–46.



26. Усталостная долговечность дорожных асфальтобетонов: проблемы и пути решения / С. Е. Кравченко [и др.]. – Минск : БНТУ, 2023. – 186 с.

27. Шумчик, В. К. Инновационные технологии при строительстве, реконструкции, ремонте и содержании автомобильных дорог / В. К. Шумчик, С. Е. Кравченко // Перспективные направления проектирования, строительства и эксплуатации дорог, мостов и подземных сооружений : материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 90-летию Белорусского национального технического университета, 21–22 октября 2010 г., г. Минск : в 2 ч. / Белорусский национальный технический университет ; отв. ред. И. И. Леонович [и др.]. – Минск : БНТУ, 2010. – Ч. 1 : Автомобильные дороги, мосты и подземные сооружения. – С. 213–223.

Учебное издание

## **АВТОМОБИЛЬНЫЕ ДОРОГИ**

Пособие

для студентов специальности 7-07-0732-03  
«Строительство транспортных коммуникаций»  
профилизации «Автомобильные дороги»

С о с т а в и т е л и:

**КРАВЧЕНКО** Сергей Егорович  
**ЖУКОВСКИЙ** Егор Михайлович  
**ХОДАН** Елена Петровна и др.

Редактор *А. С. Козловская*

Компьютерная верстка *Н. А. Школьниковой*

Подписано в печать 02.04.2024. Формат 60×84 <sup>1</sup>/<sub>16</sub>. Бумага офсетная. Цифровая печать.  
Усл. печ. л. 10,34. Уч.-изд. л. 8,59. Тираж 100. Заказ 810.

Издатель и полиграфическое исполнение: Белорусский национальный технический университет.  
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя, распространителя  
печатных изданий № 1/173 от 12.02.2014. Пр. Независимости, 65. 220013, г. Минск.