Строительство автомобильных дорог

Строительство автомобильных дорог

Допущено
Министерством образования Республики Беларусь
в качестве учебного пособия для студентов
учреждений высшего образования
по специальностям «Автомобильные дороги»,
«Мосты, транспортные тоннели и метрополитены»,
«Подъемно-транспортные, строительные,
дорожные машины и оборудование»

Под общей редакцией
доктора технических наук, профессора В.Н. Яромко
и доктора технических наук, профессора Я.Н. Ковалева

Минск
«Вышэйшая школа»
2016

УДК 625.7/.8(075.8)
ББК 39.311я73
С86

Авторы: В.Н. Яромко, Я.Н. Ковалев, С.Е. Кравченко, М.Г. Солодкая

Рецензенты: кафедра «Автомобильные дороги» Белорусско-Российского университета (заведующий кафедрой кандидат технических наук, доцент *С.Н. Березовский*); первый проректор Белорусского государственного университета транспорта доктор технических наук, профессор *В.Я. Негрей*

Все права на данное издание защищены. Воспроизведение всей книги или любой ее части не может быть осуществлено без разрешения издательства.

Строительство автомобильных дорог : учеб. пособие / С86 В. Н. Яромко [и др.] ; под общ. ред. В. Н. Яромко, Я. Н. Ковалева. – Минск : Вышэйшая школа, 2016. – 471 с. : ил. ISBN 978-985-06-2762-9.

Изложены основы организации и технологии работ при строительстве автомобильных дорог. Описаны технологии возведения земляного полотна, устройства конструктивных слоев, дорожной одежды. Особое внимание уделено инновационным технологиям, базирующимся на использовании современных механизмов и оборудования. Рассмотрены свойства применяемых дорожно-строительных материалов. Освещены вопросы контроля качества работ, а также экологии.

Для студентов учреждений высшего образования по специальностям «Автомобильные дороги», «Мосты, транспортные тоннели и метрополитены», «Подъемно-транспортные, строительные, дорожные машины и оборудование». Будет полезно специалистам дорожного хозяйства.

УДК 625.7/.8(075.8)
ББК 39.311я73

ISBN 978-985-06-2762-9

© Оформление. УП «Издательство “Вышэйшая школа”», 2016

ПРЕДИСЛОВИЕ

Транспортная сеть в государстве образует единый комплекс, где все виды транспорта тесно связаны между собой, дополняя друг друга. В этом едином комплексе важная роль отводится автомобильным дорогам, оказывающим огромное влияние на социальное и экономическое положение страны. От их состояния и уровня развития непосредственно зависят основные экономические показатели, валовой национальный продукт, уровень цен, доходы государственного бюджета и степень занятости населения. Без надежно работающей, экономичной, безопасной и экологически чистой сети автомобильных дорог, ориентированной на интересы пользователей и экономику государства, невозможны радикальная перестройка экономической и социальной сфер, формирование рыночных отношений в народном хозяйстве.

Курс «Строительство автомобильных дорог» является базовой учебной дисциплиной, формирующей у студентов основные знания по технологии и организации строительства автомобильных дорог.

На этапе строительства дорог используются все передовые технологии, охватывающие основные вопросы применения дорожно-строительных материалов с минимальными энергозатратами и обеспечением охраны окружающей среды. От качества автомобильных дорог зависят безопасность движения, комфорт перевозок пассажиров, стоимость грузоперевозок, срок службы дорог с высокими транспортно-эксплуатационными показателями.

Автомобильная дорога – сложный объект транспортной инфраструктуры, включающий земляное полотно, дорожную одежду, искусственные сооружения, техническое обустройство (знаки, ограждение, освещение и т.д.), различные здания и сооружения.

Согласно транспортной стратегии любого государства основными задачами в области развития и совершенствования автомобильных дорог являются:

- строительство скоростных дорог, связывающих столицы государств с основными культурно-промышленными центрами их регионов, а также автомагистралей высокого класса по направлению международных транспортных коридоров;
- строительство новых и реконструкция существующих дорог для увеличения их пропускной способности;
- строительство кольцевых (обходных) дорог в крупных городах, а также выходов из них в общую транспортную сеть;
- устройство объектов придорожного сервиса.

При строительстве автомобильных дорог огромную роль играет применение инновационных технологий. Их внедрение требует использования современных материалов и эффективных дорожно-строительных машин и механизмов, без которых невозможно организовать строительство дорог с высокой производительностью и качеством.

Известно также, что качество построенных или отремонтированных дорог проявляется сразу и оценивается непосредственно их пользователями, поэтому строители автомобильных дорог должны обладать достаточными знаниями при выборе и применении необходимых материалов и способов производства работ с учетом конкретных погодно-климатических условий и экономических факторов.

Решению указанных задач и посвящено данное учебное пособие. Оно включает нормативно-технические документы, используемые в Республике Беларусь и Российской Федерации, однако общая методология строительства автомобильных дорог применима и для других стран СНГ.

Материал учебного пособия распределен между авторами следующим образом: введение, гл. 2–13, 15, 20, 22, 23 написал доктор технических наук, профессор В.Н. Яромко; гл. 1, 14, 19, 26 – доктор технических наук, профессор Я.Н. Ковалев; гл. 16–18, 21 – кандидат технических наук, доцент С.Е. Кравченко; гл. 24, 25 – старший преподаватель М.Г. Солодкая.

Авторы выражают искреннюю признательность рецензентам – коллективу кафедры «Автомобильные дороги» Белорусско-Российского университета (заведующий кафедрой кандидат технических наук, доцент С.Н. Березовский) и первому проректору Белорусского государственного университета транспорта доктору технических наук, профессору В.Я. Негрею – за ценные советы и замечания, способствовавшие улучшению содержания учебного пособия.

Все отзывы и пожелания, которые авторы примут с благодарностью, просьба направлять по адресу: издательство «Вышэйшая школа», пр. Победителей, 11, 220048, Минск.

Авторы

ВВЕДЕНИЕ

От качества автомобильных дорог зависят безопасность движения, комфортность перевозки пассажиров, эффективность работы автомобильного транспорта в целом, срок службы дорожных конструкций.

Автомобильная дорога – объект транспортной инфраструктуры, предназначенный для движения транспортных средств и включающий земельные участки в границах полосы отвода автомобильной дороги и расположенные на них или под ними конструктивные элементы и дорожные сооружения, являющиеся ее технологической частью, защитные дорожные сооружения, производственные объекты, элементы обустройства автомобильных дорог.

Искусственные дорожные сооружения – это сооружения, устраиваемые при пересечении автомобильными дорогами других дорог, рек, водоемов, оврагов, трубопроводов, а также в местах, предназначенных для движения пешеходов и прогонов животных (путепроводы, тоннели, эстакады, скотопрогоны и другие подобные сооружения).

Комплекс инженерных сооружений автомобильной дороги принято подразделять на земляное полотно, дорожные одежды, искусственные сооружения, обустройство дороги, дорожные и транспортные здания и прочие конструктивные элементы.

Курс «Технология и организация строительства автомобильных дорог» включает технологию строительства перечисленных групп инженерных сооружений, кроме искусственных сооружений, изучаемых в курсе «Мосты и транспортные тоннели», и зданий, изучаемых в курсе «Здания и строительные конструкции».

В настоящее время сеть автомобильных дорог общего пользования Республики Беларусь составляет более 86,6 тыс. км, в том числе 15,5 тыс. км – республиканские дороги. Сеть автомобильных дорог сформирована с учетом дальнейшего развития экономики страны и социальных потребностей населения.

С целью создания условий для динамичного развития национальной экономики, обеспечения безопасности и обороноспособности страны, реализации социальной политики государства и дальнейшего повышения деловой активности населения Министерством транспорта и коммуникаций реализуется Государственная программа развития и содержания дорог на 2015–2019 гг., которая утверждена Постановлением Совета Министров Республики Беларусь № 1296 от 31 декабря 2014 г. Ее задача – улучшение транспортно-эксплуатационного состояния дорог. В соответствии с этим документом за 2015–2019 гг. планируют реконструировать и построить около 1158 км республиканских автомобильных дорог и 2213 погонных метров мостов и путепроводов. По параметрам I категории должно быть реконструировано и построено 520 км республиканских дорог с доведением их до международных стандартов. В их числе – участки трасс М5/Е271 Минск – Гомель, М6/Е28 Минск – Гродно – граница Республики Польша (Брузги), М8/Е95 гра-

ница Российской Федерации (Езерище) – Витебск – Гомель – граница Украины (Новая Гута), Р23 Минск – Микашевичи, Р53 Слобода – Новосады и др.

Модернизация дорог предусматривает следующее: на 2758 км повысят несущую способность дорожных одежд (до 11,5 т на одиночную ось); на 185 км гравийных участков республиканских дорог положат усовершенствованное покрытие; выполнят капитальный ремонт и реконструкцию мостов и путепроводов, в первую очередь – находящихся в предаварийном состоянии. До 2020 г. намечено выполнить капитальный ремонт 1600 км республиканских автодорог, 8200 погонных метров мостов и путепроводов, текущий ремонт 7200 км и 6500 погонных метров мостов и путепроводов. Протяженность платных республиканских автомобильных дорог составит 1968 км.

В 2011 г. были начаты работы по возведению второй кольцевой автодороги вокруг Минска (МКАД-2). Общая ее протяженность составит 158 км. Предполагается построить дорогу по новому направлению: от автомагистрали М3 Минск – Витебск до М6 Минск – Гродно – граница Республики Польша и далее до автодороги М1/Е30 Брест – Минск – граница Российской Федерации общей протяженностью 85 км.

При строительстве автомобильной дороги чрезвычайно важную роль играют технологические процессы, в результате выполнения которых создаются отдельные элементы дорожных сооружений и дорога в целом. Технологические процессы строительства сложны и разнообразны. От правильного их назначения и выполнения зависят производительность труда, качество и стоимость работ. Внедрение инновационных технологий требует применения современных дорожно-строительных машин и оборудования, без которых нельзя организовать технологические процессы с высокой производительностью труда и эффективностью строительства.

Очень важными факторами в развитии технологии дорожного строительства являются разработка и применение таких способов работ, машин и материалов, которые не оказывали бы вредного влияния на окружающую среду.

Инженеры – строители автомобильных дорог – должны знать оптимальные способы работ, выбирать наиболее производительные машины, оценивать качество материалов, стоимость всех элементов дороги и инженерных сооружений, входящих в ее состав, с учетом их назначения, особенностей конструкции, требуемой прочности, а также необходимого внешнего вида, отвечающего общему архитектурно-художественному оформлению дороги. При этом строители обязаны учитывать все местные геофизические особенности, влияющие как на строительство, так и на условия службы будущей дороги.

Технологические процессы строительства дорожных одежд и других инженерных сооружений сложны и разнообразны. Их начинают с разработки месторождений минеральных материалов, добычи в них природных сырьевых минеральных материалов, их сортировки, дробле-

ния, обогащения. В случаях применения побочных продуктов (шлаков) и отходов промышленности (флюсы, хвосты и др.) технологические процессы облегчаются и ограничиваются сортировкой, перевозкой и хранением. Иногда производят дробление минеральных материалов с их активацией и обработкой вяжущими.

Применение органических вяжущих включает их перевозку, специальное хранение, нагрев, перемешивание с минеральными материалами, добавку улучшающих их химических и других веществ (поверхностно-активных, гидрофобизирующих и т.п.), доставку на место укладки.

Неорганические вяжущие, главным образом цемент, требуют перевозки специальным транспортом, ограниченного срока хранения на закрытых складах, не допускающих их увлажнения, перемешивания с минеральными материалами и водой в бетономешалках или смесителях, добавки улучшающих их свойства химических и других веществ (гидрофобизирующих, активирующих, пластифицирующих, воздухововлекающих и пр.), доставки на место укладки.

В технологические процессы строительства дорожных одежд входят также раскладывание и разравнивание минеральных материалов и смесей с вяжущим, розлив органических или россыпь неорганических вяжущих, перемешивание их на дороге с минеральными материалами и грунтом, уплотнение катками, уход за уплотненными смесями, изготовление и укладка сборных плит и деталей.

От правильного назначения и выполнения всех технологических процессов зависят производительность труда, качество и стоимость работ. Внедрение новой технологии требует новых машин, нового оборудования производственных предприятий, без которых нельзя правильно организовать технологические процессы с повышением производительности труда и снижением их стоимости.

Повышение производительности труда и снижение стоимости возможны при использовании типовых проектов, стандартных деталей, материалов и наибольшем сокращении транспортных расходов за счет применения местных материалов, лучшей обработки и точного выполнения технологических процессов, надлежащей организации механизированных работ, введения многосменности и продления строительного сезона.

Для того чтобы уметь строить совершенные современные автомобильные дороги, инженер – строитель дорог должен знать, как их проектировать, разбираться в проектах и оценивать их. Помимо знания технологии строительства он должен быть хорошим организатором производства, обладать необходимыми экономическими знаниями, уметь управлять не только автомобилем, но и наиболее распространенными дорожными машинами. Он должен также иметь необходимые знания по эксплуатации автомобильных дорог, чтобы построенная им дорога удовлетворяла всем требованиям современного автомобильного движения. В своей работе инженер-дорожник на основе полученных знаний должен соблюдать правила охраны труда, заботиться об окружающей природе и сохранять ее.

I. СООРУЖЕНИЕ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА

1. ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ И КАЧЕСТВА ДОРОЖНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА

1.1. Общие положения

«Эффективность» и «качество» – термины различные, но тесно взаимосвязанные.

Эффективность характеризует экономический эффект, достигаемый в процессе реализации поставленной цели, а ***качество*** – уровень технического совершенства, достигаемый как на отдельных операциях производства продукции, так и на стадии получения готовой товарной продукции.

Качество как экономическая категория строго регламентируется в различных нормативных документах, которые периодически пересматриваются и уточняются по мере развития науки и техники в конкретной отрасли производства.

Для экономики дорожного строительства и повышения его качества первостепенное значение имеют понимание и реализация таких понятий, как «энерговооруженность строительства», «энерговооруженность труда», «эффективность использования основных производственных фондов», «эффективность капитальных вложений».

Энерговооруженность строительства $Э_с$ – экономический показатель, равный отношению общей мощности двигателей машин и механизмов ($N_{общ}$), используемых в строительстве, к годовому объему строительно-монтажных работ ($V_{с\text{-}м}$):

$$Э_с = N_{общ} / V_{с\text{-}м}.$$

Энерговооруженность труда $Э_{тр}$ – экономический показатель, равный отношению общей мощности двигателей машин и механизмов, используемых строительной организацией, к среднесписочной численности работников строительной организации (Ч):

$$Э_{тр} = N_{общ} / Ч.$$

Эффективность использования основных производственных фондов (ОПФ) – экономический показатель, который характеризуется величиной фондоотдачи (Фо) – годовым объемом продукции ($V_{год}$), отнесенным к годовому объему ОПФ:

$$Фо = V_{год} / ОПФ.$$

Наблюдаемая на практике динамика указанных показателей во времени свидетельствует о том, что на всех строительных предприятиях рост ОПФ опережает прирост получаемой продукции. В основном это

обусловлено недостатками в организации производства, плохим использованием машин во времени и по интенсивности загрузки, а также неправильным соотношением размера ОПФ и числа рабочих, занятых их обслуживанием. Данное соотношение выражается *коэффициентом фондовооруженности труда* ($K_{ф.тр}$):

$$K_{ф.тр} = ОПФ/n,$$

где n – число рабочих, занятых на рассматриваемых производственных процессах.

Эффективность использования ОПФ в строительстве имеет первостепенное общегосударственное значение. У всех без исключения строительных и эксплуатационных организаций есть большие резервы повышения эффективности использования ОПФ. Их реализация должна стать основной задачей каждого предприятия при переходе к рынку.

Эффективность капитальных вложений – отдача от основных фондов, созданных на выделенные для этого капитальные вложения, в соотношении с объемом этих вложений.

Общая экономическая эффективность капитальных вложений в масштабах государства или отрасли (Эф) представляет собой соотношение прироста национального дохода (ΔД) и капитальных вложений (К), вызвавших этот прирост:

$$Эф = ΔД / К.$$

Эта же формула справедлива для предприятий, работающих в условиях самоокупаемости:

$$Эф = ΔП / К,$$

где ΔП – прирост прибыли предприятия в результате использования выделенных капитальных вложений.

1.2. Эффективность и качество дорожного строительства

1.2.1. Общие положения

Качество дорожного строительства – это комплекс его основных свойств, которые способны в конечном счете удовлетворять требованиям потребителя, в данном случае – заказчика строящейся дороги или ее ремонта.

Автомобильная дорога должна соответствовать комплексу качественных показателей, который суммарно оценивает степень обеспечения удобства и безопасность движения с рациональной скоростью транспортных средств в течение срока эксплуатации дороги.

Уровень качественных показателей определяется экономическим критерием – отношением полезного эффекта от эксплуатации дороги

к приведенным затратам на ее строительство, ремонт и содержание. Значение этого показателя должно быть максимальным из рассматриваемых вариантов.

Таким образом, качество продукции – это достигаемая цель, а эффективность – процесс достижения качественной цели.

Профессор В.М. Сиденко детально рассмотрел состав показателей качества дорожно-строительной продукции и выделил следующие показатели: назначения, надежности, технологические и технико-экономические. Содержание и значимость этих показателей должны учитывать специфику дорожного строительства.

Показатели назначения (целевые, эксплуатационные) характеризуют способность удовлетворять целевые требования и могут относиться к какому-либо одному свойству (например, для покрытия – ровность или прочность) или к их комплексному выражению (безопасная скорость движения на дороге, пропускная способность и др.).

Показатель надежности характеризует способность дороги выполнять заданные функции в течение установленного времени. Технико-экономическая сущность этого показателя, методы установления его рационального уровня рассмотрены проф. И.А. Золотарем и другими авторами. Применительно к понятию качества надежность объединяет безотказность, т.е. свойство сохранять с определенной вероятностью работоспособность, обеспечение установленных межремонтных сроков, ремонтопригодность конструкций, долговечность.

Технологические показатели характеризуют рациональность принятых решений с точки зрения их исполнения в конкретных производственных условиях.

Технико-экономические показатели инженерных решений отражают их экономическую эффективность. В их составе рассматриваются:

1) народнохозяйственная эффективность, которая может сказываться в различных отраслях за счет улучшения работы транспорта;

2) эксплуатационная эффективность, относящаяся к транспортной отрасли и влияющая в основном на себестоимость перевозок;

3) строительная эффективность, определяющая прогрессивность и экономичность применяемых материалов, конструкций, технологических процессов.

Комплекс показателей качества формируется на всех стадиях создания сооружения и его эксплуатации.

Для автомобильных дорог большое значение имеют показатели, характеризующие совместимость дороги с окружающей средой. Способы оценки влияния дорог на природную среду, рационального использования природных ресурсов, а также эстетических показателей еще слабо разработаны, однако удельный вес показателей этой группы со временем, несомненно, будет возрастать.

Решающий этап формирования качества строительной продукции – производство работ. Затраты на производственном этапе неизмеримо выше, чем на этапе проектирования, а процессы сложнее. Особенность

технологических процессов дорожного строительства – их тесная связь со средой, в которой производятся работы. Учет влияния погодных, грунтовых и других внешних факторов настолько сложен, что взаимосвязь параметров производства работ обычно описывают вероятностными показателями, а для достоверной оценки производственных показателей необходимо применять статистические методы.

В техническом и организационном аспектах для решения проблемы повышения качества необходимы достаточно полный контроль за соблюдением всех качественных показателей и фиксирование всех отклонений от нормативно-технических требований. Систематический контроль нужен не только для пооперационной оценки качества промежуточной продукции, но и для решения комплекса задач, связанных с повышением качественного уровня сооружаемой дороги в целом. Совокупность мероприятий, направленных на повышение качества строительства, разрабатывается в комплексной системе управления качеством (КСУК) на основе анализа информации о качественных результатах производственного процесса.

Для производственного контроля недостаточно только интегральных показателей, которыми обычно пользуются при оценке проектных решений. Чем больше дифференцирован контроль (вплоть до отдельных операций), тем больше он действен. Только пооперационный контроль дает реальную возможность регулировать производственный процесс в ходе его выполнения. Для этого нужны методы, которые позволяли бы выявлять отклонения от нормативного уровня немедленно после их возникновения.

1.2.2. Ресурсоемкость строительства автомобильной дороги

Основным технологическим принципом эффективности строительства автомобильных дорог является экономное расходование материалов, энергии и труда исполнителей, приходящееся на единицу продукции. Такой принцип общеизвестен и является необходимым условием конкурентоспособности строительных предприятий во всем мире. Его обобщенное название – ***ресурсоемкость*** (рис 1.1).

Ресурсоемкость должна стремится к минимуму: $Р \to \min$. Такое утверждение следует из выражения

$$Р = \sum Э + \sum М + \sum Т,$$

где

$$\left.\begin{aligned} \sum Э &= \frac{\sum Э_i}{Q_i} \to \min, \\ \sum М &= \frac{\sum М_i}{Q_i} \to \min, \\ \sum Т &= \frac{\sum Т_i}{Q_i} \to \min; \end{aligned}\right\} \qquad (1.1)$$

$\sum$Э – суммарные удельные затраты энергии на единицу готовой продукции; Q_i – суммарное количество готовой продукции; $\sum$М – суммарные удельные затраты материалов на единицу готовой продукции; $\sum$Т – суммарные удельные затраты рабочей силы на единицу готовой продукции.

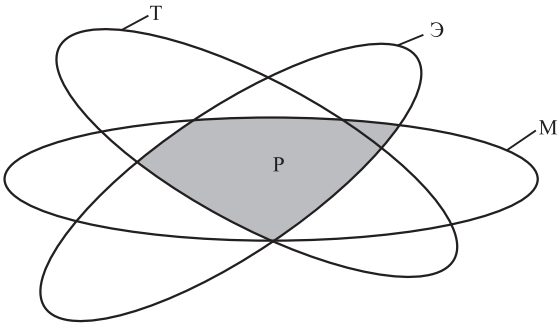

Рис. 1.1. Ресурсоемкость (Р) строительства любого инженерного объекта (в том числе и автомобильной дороги):
Э – энергоемкость; М – материалоемкость; Т – трудоемкость

Из выражений (1.1) следует, что чем меньше величины $\sum$Э, $\sum$М, $\sum$Т (при одинаковом объеме Q_i), тем выше эффективность строительства сооружаемого объекта.

Необходимо отметить, что пока ресурсоемкость отечественного внутреннего валового продукта (ВВП) довольна высока ($\sim 65\%$), в то время как в промышленно-развитых странах она более низкая (25...30%).

Ежегодно энергоемкость и трудоемкость снижаются ощутимо, а материалоемкость – очень медленно. Такая ситуация имеет объяснение. В настоящее время на многих объектах строительства и ремонта дорог проводится энергетический аудит и внедряются автоматизированные комплексы, что снижает энергоемкость и трудоемкость, в то время как не всегда и не везде активно используют местные сырьевые (активированные) материалы при получении асфальтобетонных, бетонных и других смесей.

Внедрение ресурсного аудита позволяет иметь объективную информацию о том, где и в какой мере неэффективно тратят энергию, материалы и трудовые ресурсы. Такой подход дает возможность наметить меры по сокращению непроизводительных затрат и способствует активному использованию научно обоснованных материалов и технологий.

Представляет известный интерес информация об энергозатратах в строительстве в промышленно развитых странах. Ниже приведены некоторые сведения о расходе энергии при строительстве, ремонте и содержании автомобильных дорог в США (по данным некоторых правительственных учреждений, институтов и фирм).

Энергетический кризис 70-х годов XX в. заставил США пересмотреть всю техническую политику в дорожном строительстве с целью резкого сокращения энергозатрат. В настоящее время затраты энергии на строительство дорог в США составляют 1,7%, на содержание и реконструкцию дорог – 1,5...2,0% от всего количества энергии, затрачиваемой на транспортные перевозки. Это примерно 0,1% от общего потребления энергии в стране. Приемлемым расходом энергии на строительство, реконструкцию дорог и их содержание за 20-летний период является 378,6 МДж/м^2 или 6129 тыс. МДж/км.

Затраты энергии на единицу получаемой продукции зависят от количества потребляемой энергии и производительности машины, механизма или процесса.

Экономия энергозатрат может быть достигнута:

1) путем использования топлива с более высоким энергетическим эквивалентом;

2) совершенствованием машин и механизмов;

3) общим повышением производительности труда.

У топлива всех видов энергетический эквивалент колеблется от 25,4 до 44,0 МДж/л. Правильный выбор топлива может существенно уменьшить энергозатраты. Необходимо также учитывать потери энергии при преобразовании одного ее вида в другой.

Одна из важнейших задач при строительстве и эксплуатации дорог – разработка мероприятий для значительного снижения расхода энергии, оценка энергозатрат при сравнении вариантов проектных решений.

Большие задачи стоят перед дорожными машиностроителями, поскольку выпускаемые ими в настоящее время машины существенно отстают от лучших зарубежных образцов.

1.2.3. Контроль качества строительства автомобильных дорог

Основным эталоном качества любой продукции является неукоснительное соблюдение стандартов и других нормативных документов.

В настоящее время известны две системы контроля качества промышленной продукции – классическая и японская.

В основу *классической системы* (рис. 1.2) положены методы математической статистики и теории вероятностей. Она трудоемкая, требует много времени и не гарантирует отсутствия брака при ее применении.

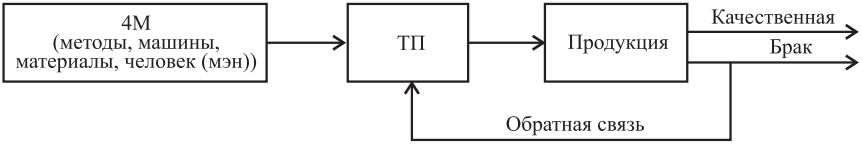

Рис. 1.2. Схема классической системы контроля качества продукции:
4М – параметры, обеспечивающие работу производства; ТП – технологический процесс

Недостатки классической системы – то, что брак выявляется в уже готовой продукции. По этой причине система не подходит для дорожного и аэродромного строительства. Изготовив, например, асфальтобетонную смесь на асфальтобетонном заводе (АБЗ), который работает непрерывно, все показатели асфальтобетона можно установить лишь через некоторое время. Выявленный при этом брак (например, превышение норматива водонасыщения асфальтобетона) исправить уже нельзя: завод выпускал смесь в течение рабочей смены, ее сразу же укладывали на ремонтируемой дороге или на новых участках. Выявив брак, специалисты вынуждены с запозданием отыскивать причину в технологическом процессе изготовления смеси на АБЗ.

Японская система (рис. 1.3) принципиально отличается от классической: в ней как бы «отсутствует» выявление брака в традиционном понимании. В ее основу положен следующий принцип: технологический процесс должен быть полностью автоматизирован и настроен таким образом, чтобы никаких отклонений от требуемых показателей не происходило. Технология изготовления продукции предполагает применение экспресс-методов определения ее свойств, т.е. требует оперативного вмешательства в технологический процесс с целью недопущения брака конечной продукции.

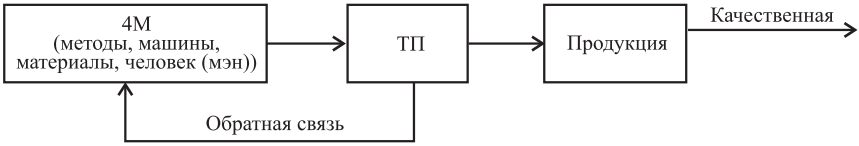

Рис. 1.3. Схема японской системы контроля качества продукции

Контролирующие приборы отмечают отклонение в технологическом процессе (температура, зерновой состав и т.п.), оперативно (с помощью микроЭВМ) определяют «виновного» (4М) и подают команду на пульт управления режимом производства, тем самым предотвращая брак.

1.3. Основные принципы достижения оптимальной технологии строительства дорог

Дорожное строительство – огромный инженерный комплекс, в функционировании которого участвуют много рабочих, инженерно-технических работников (ученых, проектировщиков, менеджеров), используется большое количество землеройно-транспортных и дорожно-строительных машин, применяются различные строительные материалы.

Эффективность расходования указанных ресурсов в значительной мере зависит от выбранного способа производства работ (техноло-

гии). Для достижения максимального эффекта при минимальных материальных, энергетических и трудовых затратах необходимо, чтобы оптимальная технология строительства основывалась на ряде принципов.

1. При строительстве дорог их ресурсоемкость (при требуемом качестве) должна быть минимальной, что обеспечивает высокую производительность труда и минимальную стоимость строительства.

2. Возводимые сооружения (земляное полотно, дорожная одежда, искусственные сооружения, здания и пр.) должны иметь заданные эксплуатационные показатели и быть устойчивыми, долговечными, экономичными. К каждому сооружению в зависимости от условий его эксплуатации предъявляются определенные требования. Например, земляное полотно как фундамент дорожной одежды должно быть устойчивым во все периоды года, его деформации при любых неблагоприятных сочетаниях воздействий подвижного состава и природных факторов не должны превышать допустимых. Проезжая часть должна иметь определенные ровность, прочность и шероховатость, обеспечивающие круглогодичное безопасное движение автомобильного транспорта с заданными скоростями и нагрузками.

3. Выбранные методы получения, переработки и изготовления материалов, полуфабрикатов, деталей и конструкций должны обеспечивать их заданные физические, химические и механические свойства при минимально возможной затрате энергии.

В дорожном строительстве применяются следующие способы воздействия на материал:

- *механические* (размельчение, перемешивание, уплотнение);
- *физические* (нагревание, увлажнение, сушка);
- *химические* (укрепление грунтов неорганическими и органическими вяжущими, модификация последних поверхностно-активными веществами (ПАВ) и различными химическими добавками).

В случае применения указанных способов каждый из них (или в комплексе) должен обеспечить заданные свойства материала (прочность, вязкость, дисперсность, химический состав) при минимально возможной затрате энергии.

4. Для успешного строительства дорог необходимо концентрировать ресурсы на пусковых и важнейших объектах, а также широко применять индустриальные методы строительства – комплексную механизацию, автоматизацию, сборные конструкции, поточный метод производства работ.

Концентрация ресурсов обеспечивает выполнение нормативных сроков строительства и быстрейший ввод объектов в эксплуатацию. Кроме того, она дает возможность снизить затраты на строительство и уменьшить расходы на перевозки грузов автомобильным транспортом. Ускорение ввода объектов в действие повышает эффективность использования производственных мощностей.

Под *индустриализацией* понимают механизированный поточный процесс сборки и монтажа сооружений из конструкций, элементов и блоков максимальной заводской готовности. Индустриализация обеспечивает снижение затрат на строительство и сокращение его продолжительности.

Комплексная механизация – такой метод строительства, при котором работы всех видов выполняют машины, работающие в строгой технологической последовательности и увязанные между собой по производительности.

Автоматизация предусматривает освобождение человека от функций управления работой машин. Она дает возможность значительно увеличить скорости работы машин и их производительность, повысить качество работ, улучшить условия труда.

Широкое применение *сборных конструкций* позволяет перенести всю тяжесть строительных работ с трассы или строительной площадки на производственные предприятия. Концентрация работ на производственных предприятиях позволяет использовать более мощное и производительное оборудование, организовать массовое заводское изготовление отдельных материалов, конструкций и деталей, увеличить производительность труда и снизить стоимость продукции.

Поточный метод организации строительства заключается в том, что работы выполняют в определенной технологической последовательности специализированные подразделения, взаимоувязанные по производительности. Этот метод наиболее аффективен и производителен, он обеспечивает равномерную работу строительных организаций, высокое качество работ и регулярную сдачу готовой продукции. Строительство автомобильных дорог включает возведение отдельных сооружений и объектов – мостов и труб, земляного полотна, дорожных одежд, зданий и др.

Технология строительства автомобильных дорог – это совокупность процессов и способов получения, изготовления и переработки сырья и материалов для устройства отдельных сооружений и объектов. Она состоит из приемов и рабочих операций, выполняемых в строго определенной последовательности и цикличности. Технология учитывает свойства дорожно-строительных материалов, взаимодействие их с рабочими органами дорожно-строительных машин и механизацию процессов. Технология строительства автомобильных дорог должна обеспечить: устойчивость и долговечность дорожных сооружений в наиболее неблагоприятные периоды года; эксплуатационные показатели, предусмотренные проектом; высокий уровень комплексной механизации работ; возможность частичной или полной автоматизации строительных процессов; организацию работ поточным методом; высокие качество и темпы работ. При этом должны быть созданы условия для достижения высокой производительности труда и экономии в расходовании средств.

Строительным процессом называется вид трудовой деятельности, направленной на устройство объекта, в данном случае – автомобильной дороги. Он состоит из *комплексных рабочих процессов*, целью которых является строительство отдельных сооружений объекта – земляного полотна, дорожной одежды, мостов и т.д.

В свою очередь комплексные рабочие процессы состоят из нескольких *рабочих процессов*, направленных на устройство конструктивных элементов отдельных сооружений, например слоев дорожной одежды и земляного полотна, опор мостов и т.д.

Рабочие процессы подразделяются на отдельные рабочие операции. Под *рабочей операцией* понимают простейший технологически однородный, организационно неделимый элемент производственного процесса. Для рабочей операции характерен неизменяемый состав машин, механизмов, материалов и рабочих.

Технология строительства автомобильных дорог зависит от конструкции сооружения, видов применяемых материалов и их качества, природно-климатических условий, наличия средств механизации и способов ведения работ.

Основным технологическим документом является ***технологическая карта***. В ней приведены:

- все технологические процессы и рабочие операции;
- количество дорожных машин, схемы и параметры их работы (скорость движения, число проходов по одному следу, производительность);
- необходимое количество материалов;
- информация о режимах обработки материалов (толщина слоев, требуемая влажность, температурный режим обработки, нормы расхода материалов и т.д.).

Технологическая карта разрабатывается в виде таблицы со схемами работы машин. При разработке технологических карт используются следующие понятия и определения, связанные с поточным методом организации работ: захватка, фронт работы, темп потока, звено дорожных машин, бригады, машинно-дорожные отряды.

Захватка – участок дороги, на котором работает одно специализированное подразделение, выполняющее одну или несколько взаимосвязанных операций.

Фронт работы (или *длина специализированного потока*) – участок дороги, на котором одновременно работают все специализированные подразделения. Фронт работ состоит из отдельных захваток.

Темпом потока называют объем работ, выполняемый в течение смены, суток, месяца или года.

Работы по строительству автомобильных дорог выполняют механизированным способом. Основным низовым подразделением является *звено дорожных машин*. Оно объединяет несколько одноименных машин, выполняющих одну или несколько рабочих технологических опе-

раций. Звенья объединяются в *бригады*, являющиеся основными производственными подразделениями, выполняющими несколько рабочих технологических операций, а бригады – в *машинно-дорожные отряды* (МДО), выполняющие один или несколько комплексных рабочих процессов по возведению отдельных сооружений автомобильной дороги.

1.4. Развитие и совершенствование технологии и методов строительства автомобильных дорог

Основной целью строительства автомобильной дороги является создание комплекса ее инженерных сооружений с заданными потребительскими свойствами при минимальных затратах финансовых, материальных, трудовых ресурсов и при минимальных сроках строительства.

Технический уровень принятых проектных решений и технологические способы их осуществления в процессе строительства предопределяют транспортно-эксплуатационное состояние вновь построенной и вводимой в эксплуатацию автомобильной дороги. Эффективность и качество дорожного строительства непосредственно зависят от применяемой технологии работ и ее соответствия проектным и нормативным требованиям к потребительским свойствам автомобильной дороги.

Технология дорожно-строительного производства – способы, приемы и последовательность изготовления дорожно-строительной продукции или выполнения строительно-монтажных и других видов работ (например, способы разработки грунта, способы и режимы приготовления бетонных смесей – непрерывным или периодическим процессом, принудительным или свободным перемешиванием и т.д.), обеспечивающие рациональное использование всех ресурсов (материалов, машин, энергии, трудовых затрат и пр.).

Технология – составная часть строительного процесса, включающего заготовительные, транспортные (кроме технологического транспорта) и другие работы, а также энергетическое, водо- и теплотехническое обеспечение и т.д.

Технология дорожного строительства включает физические (например, механические и др.), физико-химические (твердение бетона, извести), а также иные механизированные, автоматизированные способы и процессы обработки и переработки материалов и полуфабрикатов, обработки и монтажа изделий, в результате осуществления которых создаются отдельные конструктивные элементы и автомобильная дорога в целом как комплекс инженерных сооружений с заданными потребительскими свойствами.

Перечисленные процессы носят название *технологических*. В состав современной технологии дорожного строительства входит также технический контроль качества выполняемых процессов, операций и готовой продукции.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ 3
ВВЕДЕНИЕ 5

I. СООРУЖЕНИЕ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА 8

1. Обеспечение эффективности и качества дорожного строительства 8

1.1. Общие положения 8
1.2. Эффективность и качество дорожного строительства 9
1.2.1. Общие положения 9
1.2.2. Ресурсоемкость строительства автомобильной дороги 11
1.2.3. Контроль качества строительства автомобильных дорог 13
1.3. Основные принципы достижения оптимальной технологии строительства дорог 14
1.4. Развитие и совершенствование технологии и методов строительства автомобильных дорог 18
1.5. Обеспечение прочности и работоспособности дорожных конструкций . . . 21
1.6. Основы теории надежности автомобильных дорог 24

2. Возведение земляного полотна 25

2.1. Характеристика природных условий и дорожно-климатическое районирование Беларуси 25
2.2. Конструкции и элементы земляного полотна автомобильных дорог 29
2.2.1. Общие требования, предъявляемые к земляному полотну 29
2.2.2. Учет водно-теплового режима при проектировании верхней части земляного полотна 30
2.3. Типовые и индивидуальные решения и условия их применения при проектировании земляного полотна 31
2.4. Технология работ по сооружению земляного полотна 32

3. Подготовка дорожной полосы 33

3.1. Подготовительные работы 33
3.2. Создание геодезической разбивочной основы, восстановление и закрепление трассы 34
3.3. Расчистка дорожной полосы 36
3.4. Временные дороги 40
3.5. Разбивка земляного полотна 41
3.6. Снятие и складирование плодородного слоя почвы 46
3.7. Отвод поверхностных вод 49

4. Строительство сооружений для регулирования водно-теплового режима земляного полотна 49

4.1. Способы регулирования водно-теплового режима земляного полотна . . . 49
4.2. Канавы и кюветы открытого водоотвода 51
4.3. Перехватывающий и подкюветный дренажи 52
4.4. Откосный дренаж 53
4.5. Дренирующие, гидроизолирующие и капилляропрерывающие прослойки 54

5. Возведение насыпей и разработка выемок 55

5.1. Общие сведения 55
5.2. Возведение насыпей из грунтов боковых резервов 56
5.3. Грейдерные работы 57
5.4. Бульдозерные работы 58
5.5. Скреперные работы 61
5.6. Разработка грунтов экскаватором 64
5.7. Разработка выемок и возведение насыпей землеройно-транспортными машинами 65

6. Уплотнение грунтов земляного полотна 75

6.1. Теоретические основы уплотнения грунтов 75
6.2. Технология уплотнения грунтов 80
6.2.1. Общие положения 80
6.2.2. Укатка 83
6.2.3. Трамбование 86
6.2.4. Вибрационное уплотнение 88
6.2.5. Стесненные условия и другие особые случаи 89

7. Возведение земляного полотна на косогорах из нескальных грунтов. 93

7.1. Конструкции земляного полотна на косогоре и их влияние на способы проведения работ 93
7.2. Производство работ по возведению земляного полотна на косогорах . . 94
7.3. Особенности работ на косогорных участках 95

8. Сооружение земляного полотна на слабых грунтах 97

8.1. Классификация слабых грунтов. Типы болот. Конструктивно-технологические решения 97
8.1.1. Классификация слабых грунтов и их свойства 97
8.1.2. Конструктивно-технологические решения 100
8.2. Замена слабого грунта в основании насыпи 103
8.2.1. Возведение насыпей с полным или частичным выторфовыванием 103
8.2.2. Выторфовывание способом гидромеханизации 106
8.2.3. Выторфовывание взрывным способом 107
8.2.4. Удаление болотных грунтов путем их отжатия массой насыпи . . . 108
8.3. Сооружение насыпей с использованием слабых грунтов в качестве несущего основания 111
8.3.1. Общие сведения 111
8.3.2. Сооружение насыпей способами постепенного загружения и временной пригрузки 112
8.3.3. Сооружение земляного полотна способом автокомпенсации осадок 113
8.3.4. Возведение земляного полотна с дренажными прорезями и вертикальными дренами 114
8.3.5. Устройство грунтовых свай в основании 116
8.3.6. Устройство армирующих прослоек 117
8.4. Контрольные наблюдения в процессе строительства 118

9. Сооружение земляного полотна в зимний период и в особых природных условиях 120

9.1. Общие положения 120
9.2. Подготовительные работы 121
9.3. Разработка выемок и возведение насыпей 124
9.4. Производство земляных работ в условиях повышенной влажности грунтов 129
9.5. Технология производства работ 131

10. Гидромеханизация земляных работ 136

10.1. Условия и эффективность применения гидромеханизации земляных работ 136
10.2. Производство земляных работ с применением гидромеханизации 140

11. Планировочные, отделочные и укрепительные работы. Рекультивация нарушенных земель 143

11.1. Подготовительные работы 143
11.2. Технология проведения укрепительных работ 146
11.3. Планировка откосов земляного полотна. Отделочные работы. Уход за конструкциями укрепления. Рекультивация при земляных работах . . . 151

12. Организация работ по возведению земляного полотна. Контроль качества земляных работ и правила их приемки 152

12.1. Основные принципы организации и планирования земляных работ . . 152
12.2. Определение объемов земляных работ, выбор машин и комплектование специализированных подразделений 154
12.3. Технологические карты по строительству земляного полотна и организации работы отряда 156
12.4. Контроль качества земляных работ и правила их приемки 159
12.4.1. Организация производственного контроля 159
12.4.2. Контроль качества укрепительных работ 162
12.4.3. Приемка земляного полотна 163

13. Технология строительства водопропускных труб 165

13.1. Общая характеристика, типы и элементы водопропускных труб 165
13.2. Организация строительной площадки при устройстве труб 171
13.3. Строительство водопропускных труб 173

II. СТРОИТЕЛЬСТВО ДОРОЖНЫХ ОДЕЖД 176

14. Теоретические основы технологии строительства дорожных одежд 176

14.1. Разрушение (размельчение) каменных материалов 176
14.2. Перемешивание материалов 183
14.2.1. Теоретические положения 183
14.2.2. Перемешивание грунтов со скелетными добавками 190
14.2.3. Перемешивание грунтов с органическими вяжущими 191
14.2.4. Перемешивание грунтов с неорганическими вяжущими 193

14.2.5. Перемешивание при приготовлении битумоминеральных и асфальтобетонных смесей 194
14.2.6. Перемешивание цементобетонных смесей 196
14.3. Уплотнение слоев дорожных одежд 198
14.3.1. Теоретические предпосылки уплотнения материалов. 198
14.3.2. Уплотнение материалов (грунтов) со структурой коагуляционно-кристаллизационного типа 202
14.3.3. Уплотнение материалов со структурой контактного типа 202
14.3.4. Особенности уплотнения слоев дорожных одежд из укрепленных грунтов 205
14.3.5. Особенности уплотнения слоев из щебеночных (гравийных) материалов 206
14.3.6. Особенности уплотнения асфальтобетонных смесей 207

15. Строительство дорожных оснований 209

15.1. Общие положения 209
15.2. Строительство оснований из минеральных материалов, не обработанных вяжущими 211
15.2.1. Устройство дополнительных слоев 211
15.2.2. Устройство оснований из щебеночных и гравийных смесей 213
15.3. Строительство оснований из минеральных материалов, обработанных вяжущими 220
15.4. Технология производства работ с использованием укрепленных материалов и грунтов 223
15.4.1. Общие сведения 223
15.4.2. Технология производства работ с применением грунтосмесительной установки 224
15.4.3. Технология обработки грунтов многопроходными фрезами 226
15.4.4. Устройство щебеночных (гравийных) оснований, обработанных не на полную глубину песчано-цементной смесью способом перемешивания 227
15.4.5. Устройство щебеночных (гравийных) оснований, обработанных не на полную глубину песчано-цементной смесью способом пропитки (вдавливания) 227
15.4.6. Особенности производства работ по устройству щебеночных и гравийных оснований и покрытий при отрицательной температуре . . . 228
15.5. Контроль качества работ 229

16. Устройство дорожных одежд на автомобильных дорогах низших категорий . . . 231

16.1. Автомобильные дороги низших категорий 231
16.2. Строительство дорожных одежд с покрытиями низших типов 233
16.3. Профилированные грунтовые дороги 235
16.4. Строительство покрытий из грунтов, улучшенных скелетными добавками 236

17. Устройство дорожных одежд переходного типа 243

17.1. Общая характеристика покрытий дорожных одежд переходного типа . . 243
17.2. Покрытие из щебня прочных пород, устроенное по способу заклинки . . . 245
17.3. Основания и покрытия из грунтов и каменных материалов, укрепленных неорганическими вяжущими 249

17.4. Усовершенствованные мостовые 252
17.4.1. Общие сведения 252
17.4.2. Устройство мостовых из брусчатки 253
17.4.3. Устройство мостовых из мозаики 258
17.4.4. Устройство клинкерных мостовых 260
17.4.5. Устройство мостовых из бетонных и асфальтобетонных плит 261

18. Строительство дорожных одежд облегченного типа 262

18.1. Общие сведения 262
18.2. Устройство покрытий и оснований из щебня, обработанного органическими вяжущими в стационарной установке 264
18.3. Устройство покрытий по способу пропитки и полупропитки 265
18.4. Устройство покрытий из щебеночных, гравийных и песчаных смесей, обработанных органическими вяжущими путем смешения на дороге . . 267
18.5. Устройство покрытий и оснований из эмульсионно-минеральных смесей 268
18.6. Устройство покрытий и оснований из холодных регенерированных асфальтобетонных смесей 275

19. Строительство асфальтобетонных покрытий 278

19.1. Краткая историческая справка 278
19.2. Работа асфальтобетонных покрытий 280
19.3. Конструкции дорожных одежд с асфальтобетонными покрытиями . . . 288
19.4. Обоснование технологических режимов формирования структуры асфальтобетонного покрытия 295
19.5. Технология работ по устройству слоев из асфальтобетонных смесей . . 302
19.5.1. Общие сведения 302
19.5.2. Укладка асфальтобетонной смеси в покрытие 307
19.5.3. Уплотнение асфальтобетонных смесей при устройстве покрытий 311
19.6. Контроль качества работ при устройстве дорожных асфальтобетонных покрытий и правила их приемки в эксплуатацию 320

20. Строительство цементобетонных покрытий и оснований 326

20.1. Общие сведения 326
20.2. Особенности строительства цементобетонных покрытий 327
20.3. Требования к материалам для строительства цементобетонных покрытий 329
20.4. Конструкции дорожных одежд с цементобетонными покрытиями 332
20.5. Устройство температурных и деформационных швов 334
20.6. Покрытия из сборных железобетонных плит 339
20.7. Технология строительства цементобетонных покрытий 340
20.7.1. Строительство покрытий комплектом машин, перемещающихся по рельс-формам 340
20.7.2. Технология строительства покрытий бетоноукладчиками со скользящими формами 341
20.8. Приготовление и транспортирование бетонных смесей 347
20.9. Укладка и уплотнение бетонных смесей 349
20.10. Отделка поверхности покрытия 351

20.11. Уход за свежеуложенным бетонным покрытием 352
20.12. Строительство оснований и покрытий из укатываемых бетонов 355
20.13. Строительство сборных и сборно-монолитных покрытий 357
20.14. Контроль качества строительства цементобетонных покрытий 357

21. Устройство слоев износа, защитных и шероховатых слоев 359

21.1. Поверхностная обработка дорожных покрытий 359
21.2. Виды поверхностных обработок 361
21.3. Технология поверхностной обработки с раздельным распределением материалов 364
21.4. Технология поверхностной обработки с синхронным распределением вяжущего и щебня 366
21.5. Устройство защитных слоев по способу укладки холодной литой асфальтобетонной смеси 368
21.6. Устройство защитных слоев по способу укладки тонкослойного асфальтобетонного покрытия 374
21.7. Пленочные и мембранные слои 376
21.8. Контроль качества и приемка работ при устройстве защитных слоев . . 379

III. ОРГАНИЗАЦИЯ ДОРОЖНО-СТРОИТЕЛЬНЫХ РАБОТ 382

22. Цели, задачи и методы организации строительства автомобильной дороги . . 382

22.1. Общие сведения 382
22.2. Поточный метод организации дорожно-строительных работ 384
22.2.1. Выбор методов организации дорожно-строительных работ 384
22.2.2. Общие сведения о поточном методе организации дорожно-строительных работ 385
22.2.3. Основные параметры дорожно-строительных потоков 390
22.3. Непоточные методы организации дорожно-строительных работ 401

23. Проект организации строительства автомобильной дороги 403

23.1. Состав и содержание проекта организации строительства 403
23.2. Календарные графики организации строительства автомобильной дороги 407

24. Проект производства дорожно-строительных работ 417

24.1. Основные положения 417
24.2. Почасовые графики производственных процессов 418
24.3. Технологические карты выполнения дорожно-строительных работ . . . 419
24.4. Обеспечение дорожного строительства электроэнергией, сжатым воздухом, паром, водой и связью 424
24.5. Технико-экономические показатели строительства дорог 426
24.6. Диспетчерское управление и автоматизация управления дорожным строительством 431
24.7. Организация материально-технического обеспечения дорожного строительства 435
24.8. Организация складского хозяйства на дорожном строительстве 437
24.9. Организация технического обслуживания и ремонта машин 440

25. Организационно-технические мероприятия по производственной и экологической безопасности 442

25.1. Производственная безопасность. Ограждение мест производства дорожно-строительных работ. Организация движения построечного транспорта 442
25.2. Экологическая безопасность 443

26. Контроль качества дорожно-строительных работ (метрология, стандартизация, сертификация) 446

26.1. Метрология 446
26.2. Стандартизация и сертификация 451
26.3. Контроль и управление качеством в дорожном строительстве 457

ЛИТЕРАТУРА 462

Учебное издание

Яромко Вячеслав Николаевич
Ковалев Ярослав Никитич
Кравченко Сергей Егорович
Солодкая Мария Геннадьевна

СТРОИТЕЛЬСТВО АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

Учебное пособие

Редактор *Е.В. Малышева*
Художественный редактор *Т.В. Шабунько*
Технический редактор *Н.А. Лебедевич*
Корректор *О.В. Ракицкая*
Компьютерная верстка *Н.В. Шабуни*

Подписано в печать 04.11.2016. Формат 60×90/16. Бумага офсетная. Гарнитура «Newton».
Офсетная печать. Усл. печ. л. 29,5. Уч.-изд. л. 34,15. Тираж 500 экз. Заказ 2695.

Республиканское унитарное предприятие «Издательство "Вышэйшая школа"».
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,
распространителя печатных изданий № 1/3 от 08.07.2013.
Пр. Победителей, 11, 220048, Минск.
e-mail: market@vshph.com http://vshph.com

Открытое акционерное общество «Типография "Победа"».
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,
распространителя печатных изданий № 2/38 от 29.01.2014.
Ул. Тавлая, 11, 222310, Молодечно.