

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

---

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«Пензенский государственный университет  
архитектуры и строительства»  
(ПГУАС)

В.В. Столяров, А.П. Бажанов

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДОВ  
ПРИМЕНЕНИЯ ПРИНЦИПОВ  
ТЕХНИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ  
В ДОРОЖНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ**

Пенза 2014

УДК 625.7/.8:006.331.461(035.3)

ББК 39.3-7

С81

Рецензенты: зав. кафедрой «Изыскания и проектирование транспортных сооружений» Волгоградского архитектурно-строительного университета, кандидат технических наук, профессор М.М. Девятов;  
зав. кафедрой «Эксплуатация автомобильного транспорта» ПГУАС, доктор технических наук, профессор В.В. Салмин

**Столяров В.В.**

С81      **Совершенствование методов применения принципов технического регулирования в дорожной деятельности: моногр. / В.В. Столяров, А.П. Бажанов. – Пенза: ПГУАС, 2014. – 212 с.**  
**ISBN 978-5-9282-1144-8**

Дан аналитический обзор принципов технического регулирования в дорожной деятельности. Рассматривается совершенствование применения принципов технического регулирования к продукции дорожной отрасли на основе снижения риска причинения вреда пользователям автомобильными дорогами до допустимого значения.

Монография подготовлена на кафедре «Геотехника и дорожное строительство» и рекомендуется для специалистов, интересующихся вопросами технического состояния объектов дорожной деятельности с точки зрения оценки технических и экологических рисков, а также студентов, обучающихся по направлению 08.03.01, 08.04.01 «Строительство».

**ISBN 978-5-9282-1144-8**

© Пензенский государственный университет архитектуры и строительства, 2014

© Столяров В.В., Бажанов А.П., 2014

## ВВЕДЕНИЕ

В декабре 2002 г. в Российской Федерации был принят Федеральный закон №184-ФЗ «О техническом регулировании». Принятие этого закона было связано с подготовкой и вступлением России во Всемирную торговую организацию (ВТО). Этот закон предъявляет единые требования стран-членов ВТО к выпускаемой на общий рынок продукции по уровню безопасности для пользователей, окружающей среды и имущества любой формы собственности. В качестве измерителя требуемого уровня безопасности в Федеральном законе «О техническом регулировании» предусматривается во всех странах-членах ВТО один универсальный показатель – допустимый риск причинения вреда на всех стадиях жизненного цикла продукции. Так, для продукции транспортного строительства оценка технического и экологического риска производится при проектировании (включая изыскания), строительстве, эксплуатации, реконструкции или ликвидации (рекультивации) сооружения. По требованию Федерального закона «О техническом регулировании» оценка и управление риском на всех стадиях жизненного цикла продукции (включая продукцию дорожной отрасли) подлежат обязательному описанию, обоснованию и изложению в техническом регламенте – единственно обязательном к применению документе в системе документов технического регулирования продукции в странах-членах ВТО.

Переговорный процесс по вступлению России в данную международную организацию продолжался 17 лет. Российская Федерация 22 августа 2012 года стала 156-м членом ВТО. Начался переходный период изменения таможенных пошлин, который продлится несколько лет: по ряду товаров (самолёты гражданского назначения, вертолёты, легковые автомобили) этот период будет продолжаться в течение 7 лет и 8 лет – для свиного мяса. За этот период должны быть отменены некоторые преференции российским производителям. Снижение пошлин на импортные автомобили облегчит ввоз в страну новых легковых и грузовых автомобилей, поэтому отечественные автомобилестроительные предприятия получили семь лет переходного периода для того, чтобы повысить свою эффективность.

Доступ российских товаров на иностранные рынки будет связан только с конкурентной способностью товаров, которая в первую очередь будет определяться безопасностью (допустимым риском) и стоимостью товара, в которую входит и экологическая чистота его производства. Например,

если при добыче нефти сжигается попутный газ, то страны ВТО могут потребовать, чтобы в стоимость баррели российской нефти входила экологическая стоимость загрязнения окружающей среды. Это может привести к снижению конкурентной способности данной продукции на внешнем рынке. Поэтому процедуры оценки технического и экологического риска для отечественных товаров и производств имеют первостепенное значение. В данной книге этому вопросу технического регулирования уделено особое внимание. Неравномерное развитие стран в экономическом плане приводит к зависимости одних стран от других, более преуспевающих, что может приводить к торговым конфликтам и способствовать развитию таможенных рисков.

В связи с этим в рамках данной работы предлагается усовершенствовать научно-методическое обеспечение технического регулирования с позиции обеспечения безопасности автомобильных дорог на основе созданного в Саратовском государственном техническом университете научного направления «Проектирование, строительство и эксплуатация автомобильных дорог по условию обеспечения безопасности движения с учетом теории риска». Профессором В.В. Столяровым разработаны, например, такие оценочные модели (методики), как методики по оценке риска возникновения ДТП при наезде на препятствие в пределах выпуклой и вогнутой кривых; по оценке риска безопасности разезда автомобилей в городских условиях и на загородных дорогах; по оценке риска разрушения дорожной конструкции и многие другие.

В целях выполнения Федерального закона «О техническом регулировании» ведётся активная работа по разработке и внедрению в организациях транспортного строительства стандартов предприятий с учетом региональных и климатических требований на территории Российской Федерации. В стандартах предприятий и организаций отражены требования к безопасности эксплуатации сооружений с позиции их прочности и устойчивости, а также с позиции безопасности дорожного движения, на основе допустимого риска причинения вреда жизни человека, животному миру и окружающей среде.

В данной работе разд. 1 и 2 написаны д.т.н., проф. В.В. Столяровым и д.т.н., проф. А.П. Бажановым, разд. 3 – проф. В.В. Столяровым.

# 1. АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР ПРИМЕНЕНИЯ ПРИНЦИПОВ ТЕХНИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ В ДОРОЖНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

## 1.1. Состояние и перспективы развития системы технического регулирования в Российской Федерации

С 1 июля 2003 г. на территории Российской Федерации действует Федеральный закон РФ «О техническом регулировании» № 184-ФЗ [1], подготовленный Госстандартом РФ совместно с Министерством экономического развития и торговли РФ. Одной из причин принятия Федерального закона РФ «О техническом регулировании» явилась подготовка к вступлению Российской Федерации во Всемирную торговую организацию (ВТО), деятельность которой направлена на подготовку комплекса правовых документов, определяющих права и обязанности правительств в сфере международной торговли товарами и услугами.

ВТО, являясь преемницей действовавшего с 1947 г. Генерального соглашения по тарифам и торговле (ГАТТ), начала свою деятельность с 1 января 1995 г. Документы ВТО определяют те ключевые договорные обязательства, которыми должны руководствоваться правительства при создании и практическом применении национальных законодательных и нормативных актов в сфере торговли. Кроме того, ВТО является тем форумом, где формируются торговые отношения между странами в процессе коллективных обсуждений, переговоров и примирения разногласий.

В настоящий момент членами ВТО являются уже 157 стран мира, и с каждым годом их число увеличивается. Деятельность ВТО направлена на регулирование торгово-политических отношений участников Организации на основе пакета Соглашений Уругвайского раунда многосторонних торговых переговоров (1986-1994 гг.). Это означает, что практически всякое государство, претендующее на создание современной, эффективной экономики и равноправное участие в мировой торговле, стремится стать членом ВТО. В 1993 году Россия обратилась с официальной заявкой о присоединении к ГАТТ, обеспечивающему в настоящее время правовую основу ВТО (рис. 1.1.1). На данный момент из стран СНГ Республика Казахстан и Республика Беларусь не являются членами ВТО, но ведут активные переговоры по присоединению к этой организации.

Таким образом, главная цель ВТО заключается в создании интегрированной, более жизнеспособной и устойчивой многосторонней торговой системы на основе Генерального соглашения по тарифам и торговле, прежних достижений в либерализации торговли и всех достижений Уругвайского раунда многосторонних торговых переговоров.

Основополагающие принципы и правила ГАТТ/ВТО, важнейшие функции ВТО, преимущества от членства в ВТО представлены на рис. 1.1.2-1.1.4.

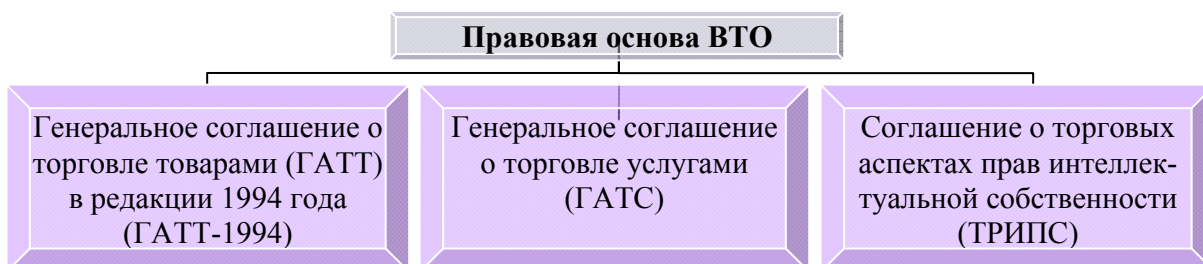


Рис. 1.1.1. Обеспечение правовой основы ВТО

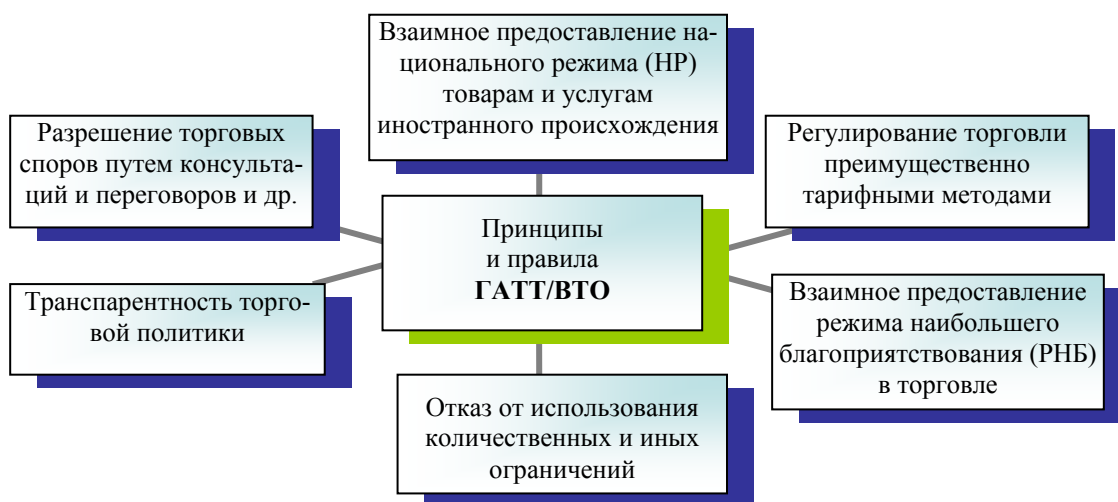


Рис. 1.1.2. основополагающие принципы и правила ГАТТ/ВТО

Высшим органом во всей организационной структуре ВТО является Конференция министров, на которой представлены все члены ВТО и которая выполняет функции ВТО (рис.1.1.5). Конференция правомочна принимать решения по всем вопросам, которые являются предметом многосторонних торговых соглашений.



Рис. 1.1.3. Важнейшие функции ВТО

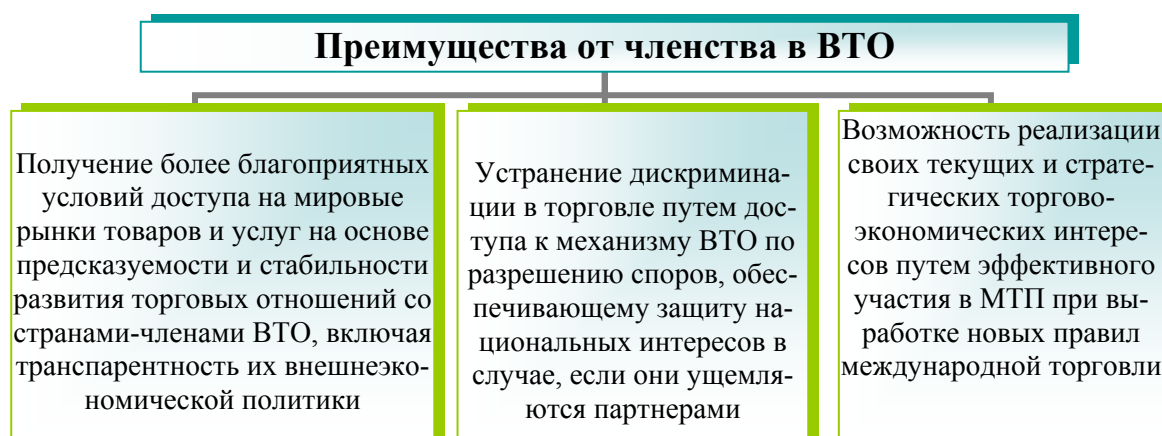


Рис. 1.1.4. Преимущества, предоставляемые членам ВТО

Повседневная работа ВТО выполняется рядом вспомогательных органов, главным образом Генеральным советом, в который входят представители всех членов ВТО. Генеральный совет учрежден Соглашением о создании ВТО. Генеральный совет подотчетен Конференции министров и обязан представлять ей отчеты о своей деятельности. Кроме этого, Генеральный совет также действует в двух особых формах: в качестве Органа разрешения споров, который контролирует применение процедур урегулирования споров, а также в форме Органа обзора торговой политики для подготовки регулярных обзоров торговой политики отдельных членов ВТО.

Соглашение о создании ВТО учредило три других основных органа, а именно Совет по торговле товарами, Совет по торговле услугами и Совет по торговым аспектам интеллектуальной собственности (рис.1.1.5).

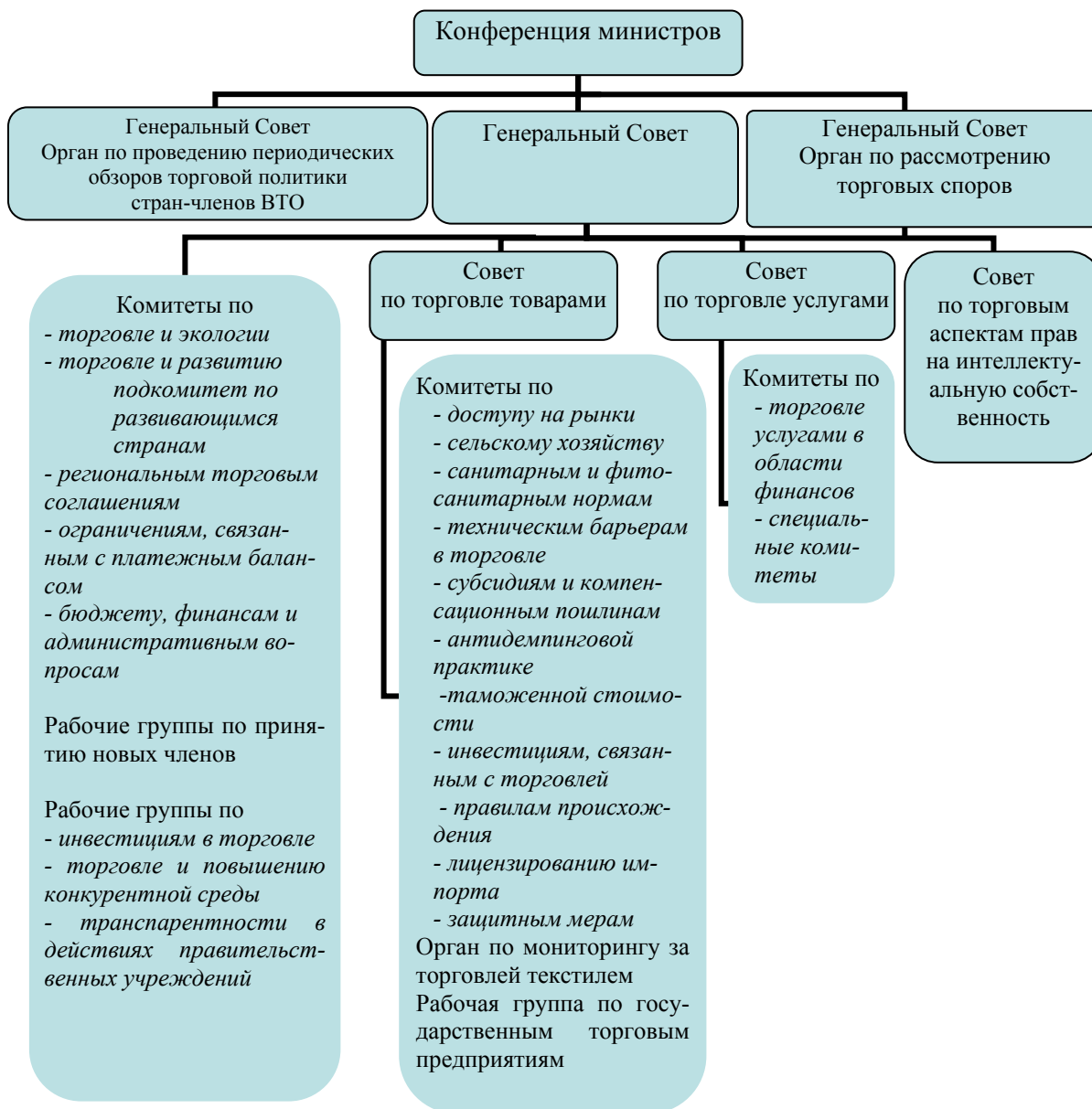


Рис. 1.1.5. Структура ВТО [2, 3]

Конференция министров создала еще три органа:

- комитет по торговле и развитию, который занимается вопросами, касающимися развивающихся стран;
- комитет по платежным балансам, который отвечает за проведение консультаций между членами ВТО и странами, которые применяют



ограничительные меры в торговле, в соответствии с положениями статей XII и XVIII ГАТТ в случае сложностей с платежным балансом;

• комитет по бюджетным, финансовым и административным вопросам, который отвечает за финансирование и бюджет ВТО. В соответствии с действующими процедурами была создана Рабочая группа по присоединению России к ГАТТ, преобразованная, после учреждения в 1995 г. Всемирной торговой организации, в Рабочую группу (РГ) по присоединению Российской Федерации к ВТО. Рабочая группа наделена мандатом на изучение торгового режима России и на выработку условий участия России в ВТО. В соответствии с [3] основные цели присоединения России к ВТО представлены на рис 1.1.6.



Рис. 1.1.6. Основные цели присоединения России к ВТО

До вступления в ВТО правительство России на переговорах с рабочими органами Конференции министров и Генерального Советом ВТО добивалась наилучших условий присоединения в данную Всемирную организацию, то есть наиболее выгодного соотношения преимуществ от вступления и уступок в виде снижения тарифов и открытия внутренних рынков. Переговорный процесс по вступлению России в ВТО продолжался 17 лет. Российская Федерация 22 августа 2012 года стала 156 членом ВТО.

В государствах-членах ВТО обязательные для применения требования к продукции устанавливаются в технических регламентах, утверждаемых органами власти. При этом национальные стандарты являются добровольными для применения и могут обеспечивать доказательную базу соответствия продукции требованиям технического регламента (презумпция

соответствия). В Европейском Союзе обязательные для применения требования к продукции устанавливаются в директивах, являющихся актами законодательства ЕС. Европейским Союзом разработаны оригинальные новаторские методы, позволяющие ликвидировать технические барьеры, препятствующие свободному обращению продукции. Среди них важное место занимают Новый подход к техническому нормированию и стандартизации и Глобальный подход к подтверждению соответствия. Согласно принципам Нового и Глобального подходов, продукция может поступать на европейский рынок только в случае, если она удовлетворяет соответствующим основным требованиям и если она прошла оценку соответствия, определенную в применимых к ней директивах. Обязательное подтверждение соответствия продукции требованиям директив осуществляется в формах декларирования соответствия и сертификации.

В нормативной документации России до 2002 года не было разделения требований, применяемых на обязательной и добровольной основе. Все нормативные требования носили обязательный характер и устанавливались преимущественно в государственных стандартах и нормативных документах федеральных органов исполнительной власти. В работе [2] отмечается, что существующая к тому времени нормативная база включала в себя более 20 тыс. государственных стандартов, которые содержали многочисленные ссылки друг на друга, дублировали, а иногда и противоречили друг другу. Предполагалось не совершенствовать эту базу, а на ее основе создать систему стандартов и над ними создать технические регламенты. Преобладающей формой подтверждения соответствия продукции являлась обязательная сертификация.

С учетом этих, а также многих других причин формирование полноценной рыночной инфраструктуры, максимально отвечающей международным требованиям, без реформы системы технического нормирования не представлялось возможным. Соглашение по техническим барьерам в торговле ВТО признает регламенты обязательными документами, а национальные стандарты – добровольными. Страны-участницы Соглашения должны уведомлять друг друга о разработке регламентов и учитывать полученные замечания. Международные стандарты должны использоваться полностью или частично как основа для регламентов, что и предполагалось делать при разработке отечественных регламентов.

В интервью руководителя Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии Г. Элькина до вступления России во Всемирную торговую организацию было сказано, что основным документом ВТО, влияющим на область технического регулирования, является Соглашение по техническим барьерам в торговле [75]. «Его основная задача заключается в том, что национальные технические регламенты, стандарты и правила сертификации не должны создавать барьеры в международной торговле. Если какая-то страна вводит у себя такие нормы, то вопрос

решается путем обращения к арбитражной практике. В Соглашении нет требований об обязательном взаимном признании членами ВТО технических регламентов и стандартов, нет требований об обязательном соответствии их международным стандартам, нет унифицированных технических регламентов и стандартов. Так что с этой точки зрения ВТО нашей промышленности не страшно. Я бы рассмотрел проблему вступления России в ВТО с другой точки зрения. Опасения возникают из-за открытия нашего рынка для продукции других стран, которая подчас более конкурентоспособна, чем российская. И если мы в один момент откроем свой рынок, то наша промышленность действительно может пострадать. Но позиция России по вступлению в ВТО как раз и заключается в том, что мы хотим войти в эту организацию без очевидного вреда для нашего рынка и нашей промышленности. Именно поэтому переговоры о вступлении в ВТО ведутся Россией уже довольно длительное время. Кроме того, не надо забывать, что на длительность нашего вступления в ВТО значительное влияние оказывает и политическая позиция ряда ее членов» [75]. В настоящее время названные проблемы частично преодолены. Переговорный период по вступлению России в данную международную организацию завершён. Российская Федерация 22 августа 2012 года стала членом ВТО, добившись для Российской экономики продолжительного переходного периода изменения таможенных пошлин, который продлится по ряду продукции до 7–8 лет. За этот период должны быть отменены некоторые преференции российским производителям и снижены пошлины на импортные товары. Отечественные производители получили ряд лет переходного периода для того, чтобы повысить свою эффективность.

Таким образом, развитие России в этом направлении повлекло за собой необходимость реформирования ряда производств и существующей системы технического нормирования в свете требований ВТО, Нового и Глобального подходов, реализуемых в рамках Европейского Союза в техническом регулировании, правил и рекомендаций общепризнанных международных организаций.

Цель реформирования – создать в России более динамичную и гибкую систему технического регулирования, которая снимет избыточное административное давление на отечественных производителей и надежно защитит российский рынок от проникновения на него небезопасной продукции. В качестве базовой модели взята европейская модель технического регулирования, основанная на принципах «нового подхода». В новом подходе документы первого уровня – это технические регламенты, устанавливающие обязательные требования к безопасности продукции и схемы соответствия, основанные на оценках риска; документы второго уровня – стандарты на национальную продукцию, добровольные для применения.

## 1.2. Анализ основных понятий, положений и принципов технического регулирования Федерального закона № 184-ФЗ «О техническом регулировании»

Вступивший в силу 1 июля 2003 г. Федеральный закон РФ «О техническом регулировании» [1, 70] определил новую систему установления и применения требований к продукции, процессам производства, работам и услугам.

Основные положения Федерального закона «О техническом регулировании» базируются на положениях Соглашения о технических барьерах в торговле ВТО, а также на Директиве ЕС «О процедуре представления информации в области технических регламентов и стандартов» и в полной мере отвечают современным мировым тенденциям, направленным на либерализацию торговых отношений.

С момента выхода Федеральный закон «О техническом регулировании» подвергался нескончаемой критике и острым дискуссиям со стороны общества на протяжении долгих лет, при этом не единожды в него вносились различные изменения. Это касалось ряда изменений как в терминологической части закона, так и некоторых концептуальных положений [3]. Данными изменениями были принесены необходимые коррективы, не нарушившие при этом исходной концепции Федерального закона «О техническом регулировании», в соответствии с которой предусматривается установление двухуровневой системы требований: обязательные требования технических регламентов; добровольные требования национальных стандартов.

Несмотря на различия мнений противников и сторонников, Федеральный закон «О техническом регулировании» юридически закрепил основы проведения реформы технического регулирования для модернизации основных элементов системы применения технических требований с формированием цели реформы технического регулирования и основных специфических задач (рис. 1.2.1).

В Федеральном законе «О техническом регулировании» предметом правового регулирования являются **отношения** (рис.1.2.2), которые могут возникать, изменяться или прекращаться между **участниками** регулируемых Законом отношений.

**Участниками** отношений, регулируемых Федеральным законом №184-ФЗ [1], являются государственные органы, юридические и физические лица, а именно:

- ✓ органы государственной власти, которые принимают участие в техническом регулировании;
- ✓ органы государственного контроля (надзора) за соблюдением требований технических регламентов;

**Цель реформы технического регулирования**  
обеспечение эффективности регулирующего воздействия государства и устранение необоснованных препятствий для деятельности экономических механизмов с учетом необходимости соблюдения и защиты законных прав и интересов общества и государства

### Задачи реформы технического регулирования

построение прозрачной, понятной участникам рынка системы обязательных технических требований к продукции и связанных с ней процессам производства, эксплуатации, хранения, перевозки, реализации и утилизации

устранение избыточных административных барьеров, включая неэффективные и затратные формы подтверждения соответствия

гармонизация подходов к оценке безопасности продукции с международными требованиями

предотвращение вмешательства в деятельность субъектов хозяйствующего сектора по производству и обращению продукции в большей мере, чем это требуется с учетом имеющейся степени риска причинения вреда

### Модернизация основных элементов системы применения технических требований:

разработка и принятие обязательных требований

процедур подтверждения соответствия

механизмов государственного контроля (надзора)

систем аккредитации лиц и органов, участвующих в процедурах подтверждения соответствия

Рис. 1.2.1. Цель и задачи реформы технического регулирования

✓ органы по сертификации, аккредитованные испытательные лаборатории (центры), органы по аккредитации, а также субъекты, претендующие на получение вышеуказанных статусов (полномочий);

✓ субъекты хозяйственной (предпринимательской) деятельности, а также заявители продукции. В роли последних могут быть: изготовители, исполнители, продавцы, лица, выполняющие функции иностранных изготовителей и физические лица, осуществляющие обязательное подтверждение соответствия;

✓ разработчики – любые лица, предлагающие проекты технических регламентов и стандартов.

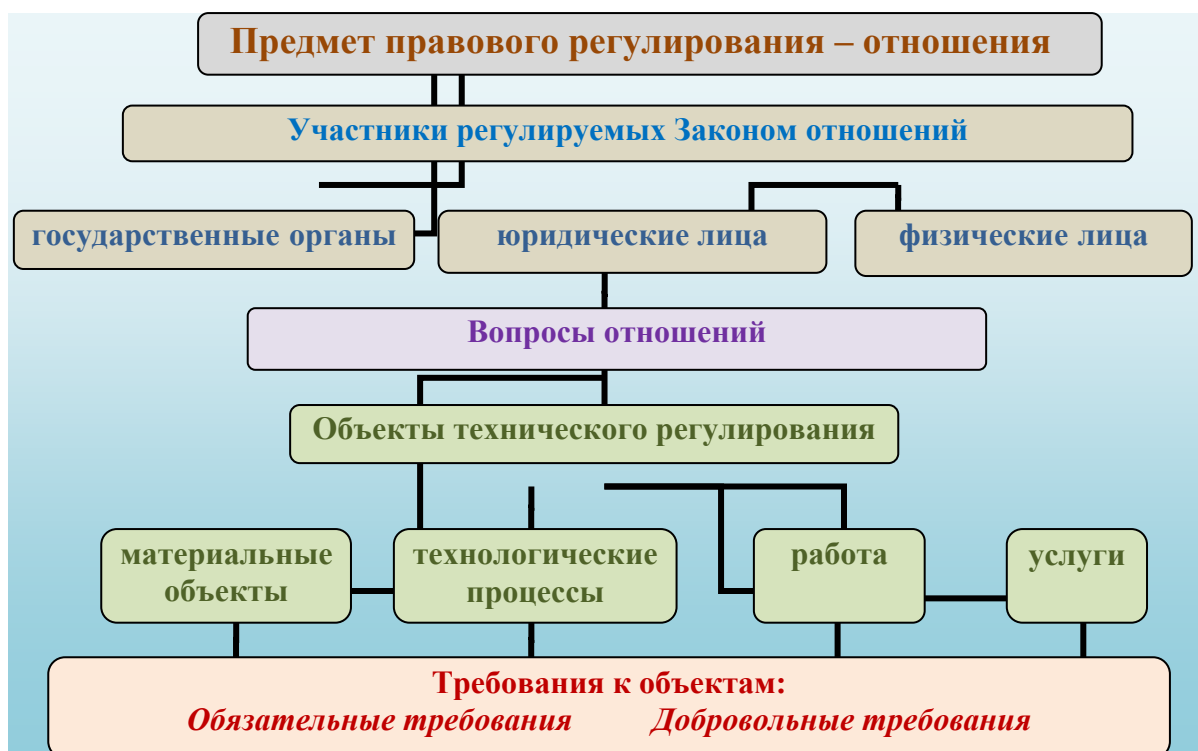


Рис. 1.2.2. Схема применения Федерального закона № 184 «О техническом регулировании»

Спектр **вопросов**, которые разрешают участники **отношений**, достаточно широк и охватывает направления:

- ✓ установление обязательных технических норм и правил;
- ✓ определение соответствия продукции, процессов проектирования (включая изыскания), производства, строительства, монтажа, наладки, эксплуатации, хранения, перевозки, реализации и утилизации, работ, услуг или иных объектов требованиям технических регламентов, положениям стандартов, сводов правил или условиям договоров;
- ✓ стандартизация;

- ✓ аккредитация органов по сертификации и испытательных лабораторий (центров); государственный контроль (надзор) за соблюдением требований технических регламентов;

- ✓ ответственность в случаях несоответствия требованиям технических регламентов и других случаях;

- ✓ финансирование работ в области технического регулирования;

- ✓ оценка соответствия продукции и других объектов как обязательным, так и добровольным требованиям во всех установленных формах.

Правовые основы регулирования отношений между участниками возникают при разработке, принятии, применении и исполнении **требований к объектам** технического регулирования:

- ✓ обязательных, распространяющихся на продукцию и связанные с ней процессы на всех стадиях ее жизненного цикла, начиная с проектирования (включая изыскания) и заканчивая утилизацией;

- ✓ добровольных, распространяющихся как на продукцию и связанные с ней процессы, так и на выполнение работ и оказание услуг.

Федеральным законом «О техническом регулировании» определены объекты технического регулирования, такие, как:

- ✓ материальные объекты (продукция, здания, строения и сооружения);

- ✓ технологические процессы (проектирование (включая изыскания), производство, строительство, монтаж, наладка, эксплуатация, хранение, перевозка, реализация, утилизация);

- ✓ работа;

- ✓ услуги.

В качестве своеобразной несущей конструкции, на основе которой осуществляются организация технического регулирования, разработка соответствующей регламентирующей документации и последующая практическая реализация в установленной сфере деятельности, выступают **принципы технического регулирования** (рис. 1.2.3, табл. 1.2.1).

В Федеральном законе «О техническом регулировании» №184-ФЗ (с учетом изменений на 28 сентября 2010 года) введены следующие понятия:

- ✓ **техническое регулирование** представляет собой правовое регулирование отношений в области установления, применения и исполнения обязательных и на добровольной основе требований к **продукции**, или правовое регулирование процессами: проектирования (включая изыскания), производства, строительства, монтажа, наладки, эксплуатации, хранения, перевозки, реализации и утилизации, а также правовое регулирование отношений в области **оценки соответствия**;

- ✓ **продукция** – результат деятельности, представленный в материально-вещественной форме и предназначенный для дальнейшего использования в хозяйственных и иных целях.

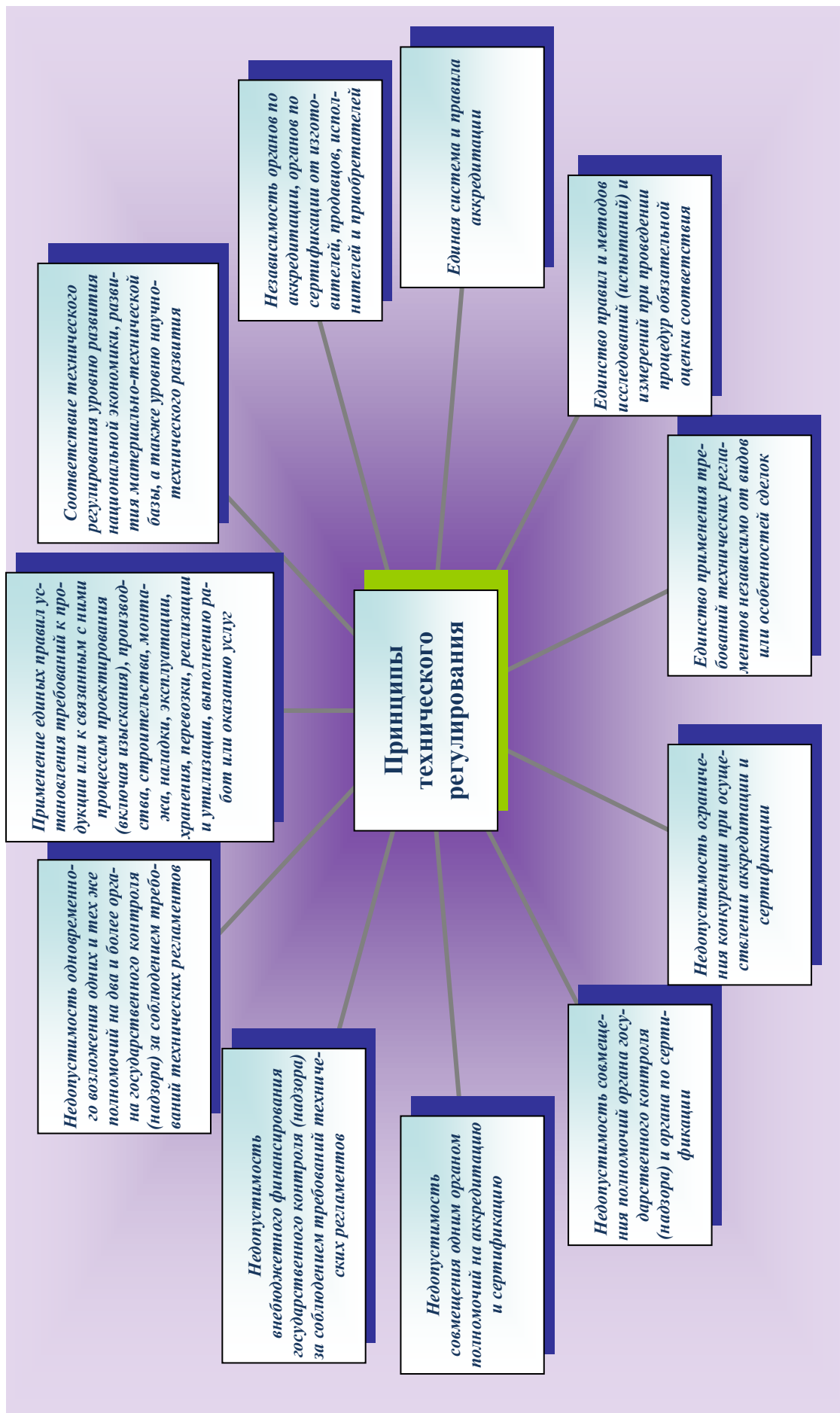


Рис. 1.2.3. Основные принципы технического регулирования



Техническое регулирование как правовое регулирование отношений осуществляется в трёх областях:

1) установления, применения и исполнения обязательных требований к объектам технического регулирования (эти обязательные требования устанавливаются в технических регламентах);

2) установления и применения на добровольной основе требований к объектам технического регулирования и к выполнению работ или оказанию услуг (эти добровольные для применения требования излагаются в стандартах или договорах);

3) оценки соответствия.

Т а б л и ц а 1.2.1

Принципы технического регулирования  
в соответствии с Федеральным законом  
«О техническом регулировании»

№ п/п	Принцип технического регулирования	
	Наименование	Характеристика
1	2	3
1	<i>Принцип применения единых правил установления требований к объектам технического регулирования</i>	Все требования (обязательные и необязательные) независимо от вида продукции или связанных с ней процессов, работ или услуг, а также правового статуса разработчика документов, в которых эти требования устанавливаются, формулируются единообразно
2	<i>Принцип соответствия технического регулирования уровню развития национальной экономики, материально-технической базы и научно-технического развития</i>	Все требования, устанавливаемые к объектам технического регулирования, должны быть не только научно обоснованны и сориентированы на соответствие международным нормам в данной сфере, но и реально выполнимы
3	<i>Принцип независимости органов по аккредитации, органов по сертификации от изготовителей, продавцов, исполнителей и приобретателей</i>	Недопустимость зависимости между указанными субъектами какой-либо из форм (например, административной, организационной, финансово-экономической и др.), которая может оказать влияние на принимаемые решения
4	<i>Принцип единой системы и правил аккредитации</i>	Деятельность по аккредитации (включая правила и процедуры проведения аккредитации, применяемую терминологию) должна осуществляться в рамках единой системы
5	<i>Принцип единства правил и методов исследований (испытаний) и измерений при проведении процедур обязательной оценки соответствия</i>	При осуществлении процедур обязательного соответствия оцениваемых объектов установленным требованиям обеспечивается единство правил, относящихся к организации и проведению исследований и измерений, а также применяемой документации

## Окончание табл. 1.2.1

1	2	3
6	<i>Принцип единства применения требований технических регламентов независимо от видов или особенностей сделок</i>	В соответствии с Гражданским кодексом РФ сделка, условия которой не соответствуют требованиям технических регламентов (нормативного правового акта, являющегося общеобязательным для применения на всей территории России любыми юридическими и физическими лицами независимо от характера возникающих между ними правоотношений и видов сделок), рассматривается как ничтожная
7	<i>Принцип недопустимости ограничения конкуренции при осуществлении аккредитации и сертификации</i>	Наличие добросовестной конкуренции между органами, претендующими на аккредитацию (в процессе их аккредитации) и проводящими сертификацию
8	<i>Принцип недопустимости совмещения полномочий органа государственного контроля (надзора) и органа по сертификации</i>	Разграничение сфер деятельности данных органов, основанное на различиях в правовом статусе, в соответствии с которым определяются их цели, задачи, функции, методы, права и обязанности. Государственный контроль (надзор) реализуется посредством деятельности государственных органов, а функции органов по сертификации выполняют лица, осуществляющие предпринимательскую деятельность
9	<i>Принцип недопустимости совмещения одним органом полномочий на аккредитацию и сертификацию, как и предыдущий</i>	Основан на различиях правового статуса этих органов и вводит запрет на возможность одной и той же организации быть одновременно исполнителем и контролером своей деятельности
10	<i>Принцип недопустимости внебюджетного финансирования государственного контроля (надзора) за соблюдением требований технических регламентов</i>	Отрицает возможность стороннего финансового влияния на деятельность, являющуюся по своему характеру государственной. Финансовая независимость органов государственного контроля (надзора) является необходимым условием эффективного выполнения стоящих перед ними задач и позволяет обеспечивать беспристрастность принимаемых ими решений
11	<i>Принцип недопустимости одновременного возложения одних и тех же полномочий на два и более органа государственного контроля (надзора) за соблюдением требований технических регламентов</i>	Позволяет снизить административные барьеры и устранить негативную практику дублирования деятельности органов государственного контроля (надзора) путем четкого разграничения их компетенции

## Установление обязательных требований в технических регламентах

**Технический регламент** – документ, который принят международным договором Российской Федерации, ратифицированным в порядке, установленном законодательством Российской Федерации, или межправительственным соглашением, заключенным в порядке, установленном законодательством Российской Федерации, или федеральным законом, или указом Президента Российской Федерации, или постановлением Правительства Российской Федерации, или нормативным правовым актом федерального органа исполнительной власти по техническому регулированию. Технический регламент устанавливает обязательные для применения и исполнения требования к объектам технического регулирования – продукции, в том числе зданиям, строениям и сооружениям или к связанным с требованиями к продукции процессам проектирования (включая изыскания), производства, строительства, монтажа, наладки, эксплуатации, хранения, перевозки, реализации и утилизации.

Цели принятия технических регламентов базируются на конституционно закрепленных нормах, в соответствии с которыми в Российской Федерации охраняется жизнь и здоровье людей; признаются и защищаются равным образом частная, государственная, муниципальная и иные формы собственности (рис.1.2.4). Технические регламенты должны гарантировать не только безопасность продукции и процессов, но и соответствие предоставляемой о продукции информации обязательным требованиям, с целью предупреждения действий, вводящих в заблуждение приобретателей.

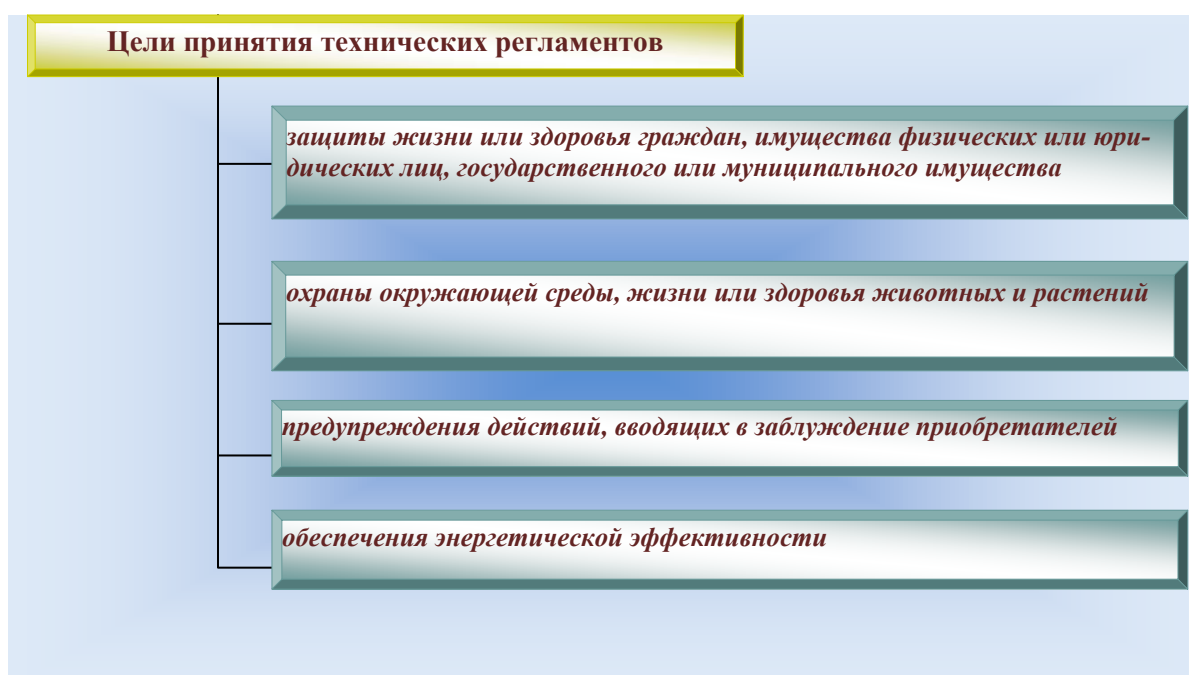


Рис. 1.2.4. Основные цели принятия технических регламентов

В технических регламентах устанавливают обязательные (минимально необходимые) требования: к безопасности излучений; биологической безопасности, взрывобезопасности. А также в технических регламентах предъявляются требования к: механической, пожарной, промышленной, термической, химической, электрической, ядерной и радиационной безопасности.

Такие же требования в технических регламентах предъявляют к электромагнитной совместимости в части обеспечения безопасности работы приборов и оборудования, а так же обеспечивается единство измерений и др.

Под **безопасностью** продукции, процессов производства, эксплуатации, хранения, перевозки, реализации и утилизации следует понимать состояние, при котором отсутствует недопустимый **риск**, связанный с причинением вреда жизни или здоровью граждан, имуществу физических или юридических лиц, государственному или муниципальному имуществу, окружающей среде, жизни или здоровью животных и растений.

Безопасность не может быть абсолютной. От уровня обеспечиваемой безопасности объектов технического регулирования напрямую зависит и уровень риска (вероятности причинения вреда), поэтому понятие «**риск**» рассматривают в неразрывном единстве с термином «**безопасность**». Безопасность достигается путем снижения уровня риска до допустимого значения (допустимый риск), который обеспечивает оптимальный баланс между безопасностью и требованиями к продукции, процессам или услугам, с учётом выгоды для пользователя и эффективности затрат. С учетом допустимого риска будет производиться и оценка степени тяжести причиненного вреда.

**Риск** – вероятность причинения вреда жизни или здоровью граждан, имуществу физических или юридических лиц, государственному или муниципальному имуществу, окружающей среде, жизни или здоровью животных и растений с учетом тяжести этого вреда.

### **Добровольное применение стандартов**

Стандартизация является одним из важнейших элементов технического регулирования. В Федеральном законе «О техническом регулировании» термин «стандартизация» ориентирован в целом на международное определение.

**Стандартизация** – деятельность по установлению правил и характеристик в целях их добровольного многократного использования, направленная на достижение упорядоченности в сферах производства и обращения продукции и повышение конкурентоспособности продукции, работ или услуг. Но в то же время на первое место выдвигается принцип добровольного применения правил стандартизации, подтверждающий тем самым, что стандарты должны применяться исключительно на добровольной основе.

Цели стандартизации не только в нашей стране, но и в других странах перекликаются с целями технического регулирования (рис. 1.2.5).



Рис. 1.2.5. Основные цели стандартизации

Стандартизация осуществляется в соответствии с принципами:

- ✓ добровольного применения документов в области стандартизации;
- ✓ максимального учета при разработке стандартов законных интересов заинтересованных лиц;
- ✓ применения международного стандарта как основы разработки национального стандарта, за исключением случаев, если такое применение признано невозможным вследствие несоответствия требований международных стандартов климатическим и географическим особенностям РФ, техническим и (или) технологическим особенностям или по иным основаниям либо РФ в соответствии с установленными процедурами выступала против принятия международного стандарта или отдельного его положения;
- ✓ недопустимости создания препятствий производству и обращению продукции, выполнению работ и оказанию услуг;

✓ недопустимости установления таких стандартов, которые противоречат техническим регламентам;

✓ обеспечения условий для единообразного применения стандартов.

К документам в области стандартизации, используемым на территории Российской Федерации, относятся:

✓ национальные стандарты – стандарты, утвержденные национальным органом Российской Федерации по стандартизации;

✓ правила стандартизации, нормы и рекомендации в области стандартизации;

✓ применяемые в установленном порядке классификации, общероссийские классификаторы технико-экономической и социальной информации;

✓ стандарты организаций – документы, в которых в целях добровольного многократного использования устанавливаются характеристики продукции. В стандартах организаций отражаются правила осуществления и характеристики процессов: проектирования (включая изыскания), производства, строительства, монтажа, наладки, эксплуатации, хранения, перевозки, реализации и утилизации. В этом документе описываются правила выполнения работ или оказания услуг. Стандарт организации также может содержать правила и методы исследований (испытаний) и измерений, правила отбора образцов, требования к терминологии, символике, упаковке, маркировке или этикеткам и правилам их нанесения;

✓ своды правил – документ в области стандартизации, в котором содержатся технические правила и (или) описание процессов проектирования (включая изыскания), производства, строительства, монтажа, наладки, эксплуатации, хранения, перевозки, реализации и утилизации продукции и который применяется на добровольной основе в целях соблюдения требований технических регламентов;

✓ международные стандарты, региональные стандарты, региональные своды правил, стандарты иностранных государств и своды правил иностранных государств, зарегистрированные в Федеральном информационном фонде технических регламентов и стандартов;

✓ надлежащим образом заверенные переводы на русский язык международных стандартов, региональных стандартов, региональных сводов правил, стандартов иностранных государств и сводов правил иностранных государств, принятые на учет национальным органом Российской Федерации по стандартизации.

### **Оценка соответствия**

**Оценка соответствия** – прямое или косвенное определение соблюдения требований, предъявляемых к объекту. Оценка соответствия включает в себя шесть форм:

✓ *государственный контроль (надзор) за соблюдением требований технических регламентов* – проверка выполнения юридическим лицом или индивидуальным предпринимателем требований технических регламентов к продукции или к связанным с ними процессам проектирования (включая изыскания), производства, строительства, монтажа, наладки, эксплуатации, хранения, перевозки, реализации и утилизации и принятие мер по результатам проверки;

✓ *аккредитация* – официальное признание органом по аккредитации компетентности физического или юридического лица выполнять работы в определенной области оценки соответствия;

✓ *испытания*, осуществляемые в рамках работ по оценке соответствия – техническая операция, заключающаяся в установлении одной или нескольких характеристик данной продукции, процесса или услуги в соответствии с установленной процедурой (согласно руководству ИСО/МЭК-2: 1996);

✓ *приёмка объектов строительства*. Такая форма оценки соответствия введена потому, что в понятие «продукция» закон включает также здания и сооружения как продукцию строительства. Однако подтверждение соответствия в формах, установленных законом, в отечественной и зарубежной практике охватывает только промышленную продукцию и не распространяется на продукцию строительства – здания и сооружения. Для объектов, строительство которых закончено, установлены с давних пор процедуры приёмки и ввода их в эксплуатацию заказчиком с участием органов надзора и других организаций;

✓ *регистрация* – это запись лиц, факторов и явлений с целью систематизации или придания им законности;

✓ *подтверждение соответствия* – документальное удостоверение соответствия продукции или иных объектов, процессов проектирования (включая изыскания), производства, строительства, монтажа, наладки, эксплуатации, хранения, перевозки, реализации и утилизации, выполнения работ или оказания услуг требованиям технических регламентов, положениям стандартов, сводов правил или условиям договоров (рис. 1.2.6).

Подтверждение соответствия является одной из наиболее важных форм оценки соответствия и осуществляется на основе следующих принципов:

✓ доступности информации о порядке осуществления подтверждения соответствия заинтересованным лицам;

✓ недопустимости применения обязательного подтверждения соответствия к объектам, в отношении которых не установлены требования технических регламентов;

✓ установления перечня форм и схем обязательного подтверждения соответствия в отношении определенных видов продукции в соответствующем техническом регламенте;

✓ уменьшения сроков осуществления обязательного подтверждения соответствия и затрат заявителя;

✓ недопустимости принуждения к осуществлению добровольного подтверждения соответствия, в том числе в определенной системе добровольной сертификации;

✓ защиты имущественных интересов заявителей, соблюдения коммерческой тайны в отношении сведений, полученных при осуществлении подтверждения соответствия;

✓ недопустимости подмены обязательного подтверждения соответствия добровольной сертификацией.

Подтверждение соответствия разрабатывается и применяется равным образом и в равной мере независимо от страны и (или) места происхождения продукции, осуществления процессов проектирования (включая изыскания), производства, строительства, монтажа, наладки, эксплуатации, хранения, перевозки, реализации и утилизации, выполнения работ и оказания услуг, видов или особенностей сделок и (или) лиц, которые являются изготовителями, исполнителями, продавцами, приобретателями.

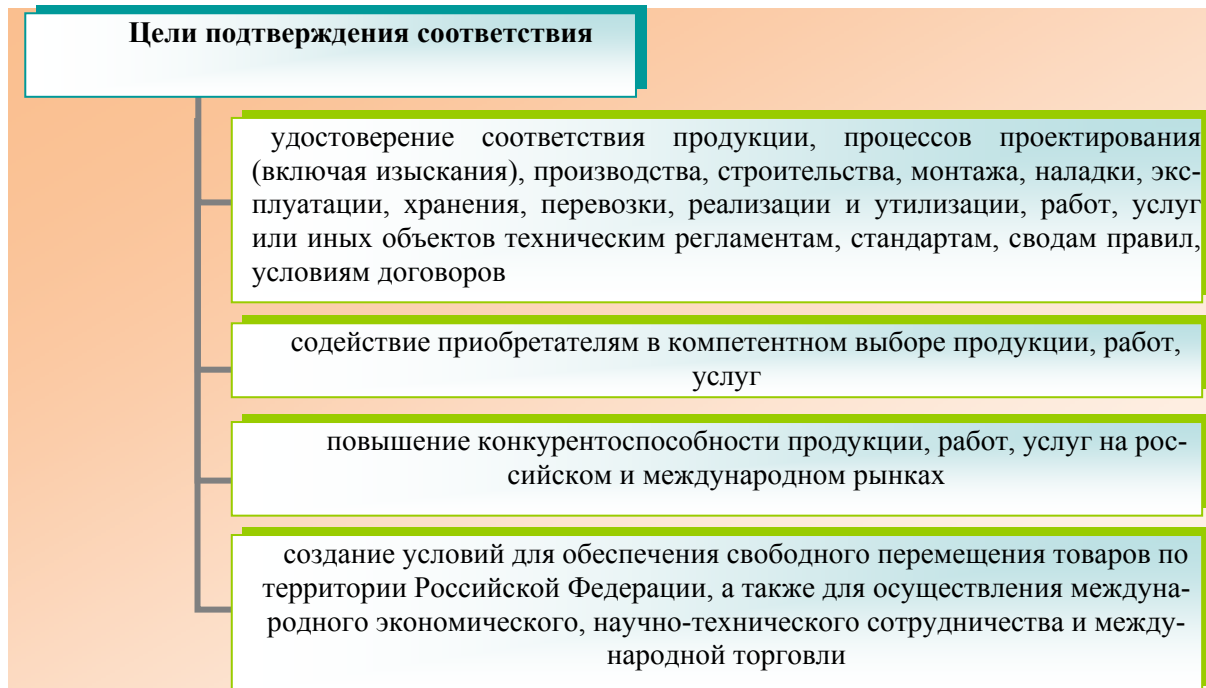


Рис. 1.2.6. Основные цели подтверждения соответствия

Подтверждение соответствия – это контроль продукции перед появлением её на рынке, такой контроль вводится для выявления продукции, представляющей потенциальную опасность.

Подтверждение соответствия на территории Российской Федерации может носить добровольный или обязательный характер (рис. 1.2.7).

1. **Добровольное подтверждение** соответствия осуществляется в форме добровольной *сертификации*. Объектами добровольного подтвержде-



ния соответствия являются продукция, процессы производства, эксплуатации, хранения, перевозки, реализации и утилизации, работы и услуги, а также иные объекты, в отношении которых стандартами, системами добровольной сертификации и договорами устанавливаются требования.

2. **Обязательное подтверждение** соответствия осуществляется в формах:

✓ принятия *декларации о соответствии*. Декларирование соответствия осуществляется по одной из следующих схем: принятие декларации о соответствии на основании собственных доказательств; принятие декларации о соответствии на основании собственных доказательств, доказательств, полученных с участием органа по сертификации и (или) аккредитованной испытательной лаборатории (центра) (далее – третья сторона);

✓ обязательной *сертификации*. Соответствие продукции требованиям технических регламентов подтверждается *сертификатом соответствия*, выдаваемым заявителю органом по сертификации.

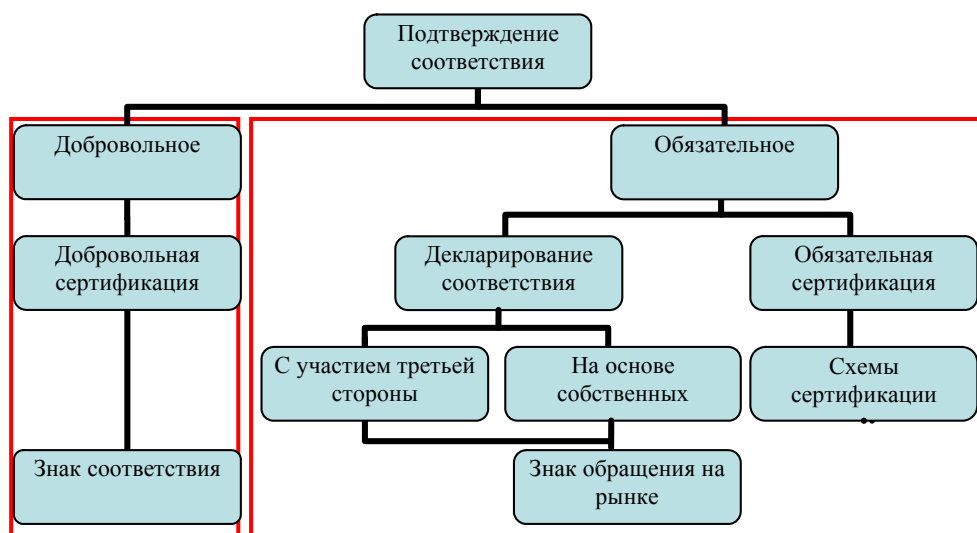


Рис. 1.2.7. Формы подтверждения соответствия

Объектом обязательного подтверждения соответствия может быть только продукция, выпускаемая в обращение на территории Российской Федерации.

**Сертификация** – форма осуществляемого органом по сертификации подтверждения соответствия объектов требованиям технических регламентов, положениям стандартов, сводов правил или условиям договоров.

**Сертификат соответствия** – документ, удостоверяющий соответствие объекта требованиям технических регламентов, положениям стандартов, сводов правил или условиям договоров.

**Декларирование соответствия** – форма подтверждения соответствия продукции требованиям технических регламентов.

**Декларация о соответствии** – документ, удостоверяющий соответствие выпускаемой в обращение продукции требованиям технических регламентов.

### 1.3. Анализ законодательных и нормативно-технических документов в области технического регулирования дорожной деятельностью

Дорожно-хозяйственный комплекс Российской Федерации включает в себя автомобильные дороги общего пользования, инженерные сооружения на них и дорожные организации различной формы собственности, занимающиеся проектированием, строительством, реконструкцией, ремонтом, содержанием автомобильных дорог и иной деятельностью (рис. 1.3.1).



Рис. 1.3.1. Структура дорожно-хозяйственного комплекса России

Управление дорожным комплексом в настоящее время возложено на Министерство транспорта Российской Федерации и его структурные подразделения (рис. 1.3.2).

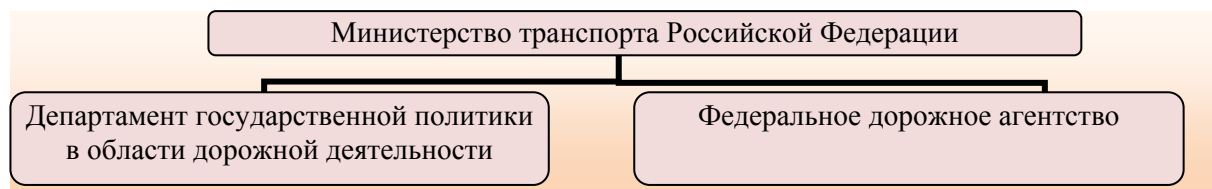


Рис. 1.3.2. Структура дорожного хозяйства России

*Министерство транспорта Российской Федерации* является федеральным органом исполнительной власти в области транспорта. Данное министерство осуществляет функции по выработке государственной политики и нормативно-правовому регулированию в сфере деятельности всех видов транспорта: воздушного, водного, железнодорожного, автомо-

бильного, городского электрического (включая метрополитен) и промышленного транспорта, а также дорожной деятельности [6];

Одной из задач *Департамента государственной политики в области дорожной деятельности* является обеспечение совершенствования нормативной правовой и нормативно-технической базы в сфере дорожной деятельности и организации дорожного движения в части организационно-правовых мероприятий по управлению движением на автомобильных дорогах [7];

*Федеральное дорожное агентство* является федеральным органом исполнительной власти, осуществляющим функции по оказанию государственных услуг и управлению государственным имуществом в сфере автомобильного транспорта и дорожной деятельности, в том числе в области учета автомобильных дорог [8].

В ведении вышеупомянутых структур находится подготовка федеральных законов в соответствии с Федеральным законом «О техническом регулировании».

Законодательные основы технического регулирования в Российской Федерации базируются на:

✓ Федеральном законе «О защите прав потребителей» (№ 2300-1 от 07.02.1992 с последующими изменениями) [10];

✓ Федеральном законе «Об обеспечении единства измерений» (№ 102-ФЗ от 26.06.2008) [11];

✓ Федеральном законе «О техническом регулировании» (№ 184-ФЗ от 27.12.2002 с последующими изменениями) [1].

Одной из приоритетных задач для достижения цели государственной политики в области развития науки и технологий является развитие транспортной системы Российской Федерации как важнейшей составной части производственной инфраструктуры.

В этой связи, в соответствии с распоряжением Правительства Российской Федерации от 22 ноября 2008 г. № 1734-р, утверждена Транспортная стратегия Российской Федерации на период до 2030 года [14], которая по своему характеру является инновационной. Инновационная направленность Транспортной стратегии заключается в ускоренном и сбалансированном развитии транспортной системы страны. Этот документ направлен на реализацию инновационной составляющей экономики, повышение качества жизни населения, переход к полицентрической модели пространственного развития России.

На новом этапе Транспортная стратегия Российской Федерации призвана определять активную позицию государства по созданию условий для социально-экономического развития прежде всего в целях повышения качества транспортных услуг, снижения совокупных издержек общества, зависящих от транспорта, повышения конкурентоспособности отечественной транспортной системы, усиления инновационной, социальной и экологической направленности развития транспортной отрасли.

В качестве основного механизма реализации Транспортной стратегии является совершенствование нормативно-правовой базы и методов государственного регулирования развития транспортной системы Российской Федерации.

Одним из приоритетных направлений совершенствования нормативно-правового регулирования в дорожной деятельности является принятие Правительством Российской Федерации нормативных правовых актов, необходимых для государственного регулирования дорожной деятельности. Нормативно-правовое регулирование дорожного хозяйства проводится в соответствии с Федеральным законом № 257-ФЗ «Об автомобильных дорогах и о дорожной деятельности в Российской Федерации и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» [15]. Среди основных нормативно-правовых документов особое внимание сейчас должно уделяться подготовке новых документов технического регулирования – технических регламентов, национальных стандартов, стандартов организаций и актов рекомендательного характера (отраслевых дорожных методических документов).

Создаваемая сейчас единая система технического нормирования безопасности и качества материалов, изделий, конструкций и услуг в дорожной отрасли должна соответствовать единой системе технического нормирования стран с развитой рыночной экономикой. Предусматривается гармонизация российских стандартов в области дорожной деятельности с передовыми международными стандартами.

В соответствии со статьями 7 и 13 Федерального закона «О техническом регулировании» [1] к основным документам системы технического регулирования в сфере дорожной деятельности относятся:

- ✓ технические регламенты;
- ✓ национальные стандарты;
- ✓ правила (нормы) стандартизации и рекомендации по стандартизации;
- ✓ общероссийские классификаторы технико-экономической и социальной информации;
- ✓ своды правил;
- ✓ стандарты организаций;
- ✓ международные стандарты, региональные стандарты, региональные своды правил, стандарты иностранных государств и своды правил иностранных государств, зарегистрированные в Федеральном информационном фонде технических регламентов и стандартов;
- ✓ акты рекомендательного характера, издаваемые распоряжением федерального органа исполнительной власти в дорожной деятельности.

Применительно к сфере дорожной деятельности действует ОДМ 218.1.001-2010 «Рекомендации по разработке и применению документов технического регулирования в сфере дорожного хозяйства» [71]. В этом документе отражены основные принципы применения и соблюдения норм

в сфере дорожной деятельности. Регламентировано применение нормативных документов в переходный период, дана классификация отраслевых дорожных методических документов, представляющих собой акты рекомендательного характера, изданные распоряжением федерального органа исполнительной власти в дорожной деятельности, разъясняющие методологию работ в сфере технического регулирования и (или) содержащие технические рекомендации в области проектирования, строительства, реконструкции, модернизации, ремонта и содержания автомобильных дорог и искусственных сооружений на них (табл.1.3.1).

Т а б л и ц а 1.3.1

Документы системы технического регулирования, обеспечивающие дорожную деятельность в соответствии с ОДМ 218.1.001-2010[71]

Наименование документа	Утверждающая инстанция	Назначение документа
1	2	3
Технические регламенты	Принимаются международным договором Российской Федерации, ратифицированным в порядке, установленном законодательством Российской Федерации, или межправительственным соглашением, заключенным в порядке, установленном законодательством Российской Федерации, или федеральным законом, или указом Президента Российской Федерации, или постановлением Правительства Российской Федерации, или нормативным правовым актом федерального органа исполнительной власти по техническому регулированию (статья 2 [71])	Устанавливает обязательные для применения и исполнения требования к объектам технического регулирования (продукции, в том числе зданиям, строениям и сооружениям или к связанным с производством процессам проектирования (включая изыскания), производства, строительства, монтажа, наладки, эксплуатации, хранения, перевозки, реализации и утилизации)
Национальные стандарты	Утверждаются Национальным органом Российской Федерации по стандартизации (статья 14 [71])	Документ, в котором в целях добровольного многократного использования устанавливаются характеристики продукции, правила осуществления и характеристики процессов проектирования (включая изыскания), производства, строительства, монтажа, наладки, эксплуатации, хранения, перевозки, реализации и утилизации, выполнения работ или оказания услуг. Стандарт может содержать требования к терминологии, символике, упаковке, маркировке или этикеткам и правилам их нанесения

Продолжение табл. 1.3.1

1	2	3
Правила (нормы) в области стандартизации	Утверждаются Федеральным агентством по техническому регулированию и метрологии (ГОСТ Р 1.10)	Устанавливают организационно-методические положения, которые дополняют или конкретизируют отдельные положения основополагающего национального стандарта и определяют порядок и методы выполнения работ по стандартизации
Рекомендации по стандартизации	Утверждаются Федеральным агентством по техническому регулированию и метрологии (ГОСТ Р 1.10)	Содержат советы организационно-методического характера, которые касаются проведения работ по стандартизации и способствуют применению основополагающего национального стандарта или содержат положения, которые целесообразно предварительно проверить на практике до их установления в основополагающем национальном стандарте
Общероссийские классификаторы технико-экономической и социальной информации	Принимаются Федеральным агентством по техническому регулированию и метрологии [72]	Устанавливают систематизированный перечень наименований и кодов объектов классификации и (или) классификационных группировок и направлены для применения при создании государственных информационных систем и информационных ресурсов и межведомственном обмене информацией
Своды правил	Утверждаются федеральными органами исполнительной власти в пределах их полномочий ([73])	Устанавливают технические правила и (или) описание процессов проектирования (включая изыскания), производства, строительства, монтажа, наладки, эксплуатации, хранения, перевозки, реализации и утилизации продукции. Разрабатываются в случае отсутствия национальных стандартов применительно к отдельным требованиям технических регламентов или к объектам технического регулирования в целях обеспечения соблюдения требований технических регламентов

1	2	3
Стандарты организаций: стандарты научных, общественных, инженерных организаций, ассоциаций и т.п.; стандарты конкретных субъектов хозяйственной деятельности	Принимаются организациями самостоятельно на основании п.1 статьи 17 [72] и могут согласовываться с федеральным органом исполнительной власти в области дорожного хозяйства (необходимость согласования определяется организацией)	Применяются для целей совершенствования производства и обеспечения качества продукции, выполнения работ, оказания услуг, а также для распространения и использования полученных в различных областях знаний результатов исследований (испытаний), измерений и разработок

Основным недостатком ОДМ 218.1.001-2010 [71] является то, что в разделе «Термины и определения» этого документа неправомерно опущены основополагающие определения Федерального закона № 184-ФЗ, описывающие безопасность дорожной продукции, то есть отсутствуют термины «безопасность» и «риск». Разработке и применению этих понятий не уделяется никакого внимания. В связи с этим рекомендации ОДМ становятся весьма условными, что следует считать ошибкой авторов данного документа.

После выхода в свет в 2003 г. Федерального закона «О техническом регулировании» [1] в сфере дорожной деятельности процесс разработки и принятия законодательных документов растянулся на долгие годы. И не только в области дорожной деятельности. Как сказано в интервью Г.Элькина, «...в России разработка технических регламентов идет достаточно медленно» [75]. 1 июля 2010 г. закончился семилетний срок, отведенный для реализации реформ технического регулирования. За это время было принято менее 30 регламентов, а, по оценкам специалистов, их должно быть несколько сотен.

Например, только 8 ноября 2007 г. вступил в силу к исполнению Федеральный Закон «Об автомобильных дорогах и о дорожной деятельности в Российской Федерации и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» [15]. В данном законе определена терминологическая составляющая объектов дорожного хозяйства.

Автомобильную дорогу предлагается рассматривать как объект транспортной инфраструктуры, предназначенный для движения транспортных средств. Автомобильная дорога по представлению авторов определения включает в себя земельные участки в границах полосы отвода и расположенные на них или под ними конструктивные элементы (дорожное полотно, дорожное покрытие и подобные элементы) и дорожные сооружения, являющиеся ее технологической частью, защитные дорожные

сооружения, искусственные дорожные сооружения, производственные объекты, элементы обустройства автомобильных дорог.

В Федеральном законе «Об автомобильных дорогах и о дорожной деятельности в Российской Федерации» о риске упоминается только в ст. 38 относительно страхования риска утраты или повреждения платной автомобильной дороги или платного участка автомобильной дороги» [15]. В данной статье говорится о строительстве, реконструкции и использовании платных автомобильных дорог на основании концессионных соглашений. Как в ОДМ 218.1.001-2010[71], так и в Федеральном Законе «Об автомобильных дорогах и о дорожной деятельности в Российской Федерации ...» [15] отсутствуют рекомендации по использованию в дорожном хозяйстве оценок безопасности продукции дорожной отрасли на основе риска причинения вреда пользователям (водителям, пассажирам, пешеходам и перевозчикам). Но даже оценка риска утраты или повреждения платной автомобильной дороги может осуществляться по методике, апробированной в течение длительного периода. В данном направлении известны научные работы проф. Столярова В.В., многие годы ведущего активную научно-исследовательскую деятельность в области обеспечения безопасности транспортных сооружений на стадии проектирования, строительства, эксплуатации, реконструкции и ремонта, а также в области повышения безопасности дорожного движения на основе теории риска [17-66, 133]. В его работах даны новые методы экспертизы дорожно-транспортных происшествий (ДТП), включая наезды на пешеходов автомобилями с антиблокировочными тормозными системами (ABS). Изложены требования, предъявляемые безопасностью движения одиночных автомобилей и транспортных потоков к элементам плана, продольного и поперечного профилей дороги [24, 28, 33, 37, 46, 47, 54, 55-60]. Предложены методы расчёта земляного полотна и дорожной одежды, основанные на управлении риском потери прочности и устойчивости конструктивных элементов сооружения [22, 26, 29, 34, 47, 50]. Созданы методики расчёта дорожных одежд нежёсткого типа, основанные на достижении требуемого уровня надёжности дорожной конструкции: по общему модулю упругости, растяжению при изгибе и сдвигу [42, 46, 47]. Разработаны методы оценки качества строительства геометрических и конструктивных элементов автомобильных дорог, описывающие влияние уровня качества строительства на безопасность движения, темп разрушения, уровень надёжности и срок службы конструкции [34, 42, 47, 133]. Даны методы снижения риска возникновения дорожно-транспортных происшествий до допустимого значения [21, 28, 44] и методы снижения риска разрушения конструкций при эксплуатации существующих дорог до значения, соответствующего требуемому уровню надёжности [42]. Описаны процедуры оценки и снижения риска причинения вреда пользователям (водителям, пассажирам, пешеходам и перевозчикам). Даны формы и схемы оценки соответствия продукции



дорожного хозяйства требованиям потребителей. Представлены методики определения степени ответственности водителей и пешеходов в дорожно-транспортных происшествиях. Даны примеры проведения экспертизы аварий с учетом оценки участков дорог по безопасности движения и др.

Доктор технических наук Столяров В.В. является руководителем нового научного направления: «Проектирование, строительство и эксплуатация автомобильных дорог по условию обеспечения безопасности движения с учетом теории риска». В рамках научной школы защищены диссертационные работы (19 кандидатских и 2 докторских диссертаций) и проводятся научные исследования по следующим вопросам:

✓ разработка методов оценки риска и надежности вложения средств (инвестиций) в транспортные проекты;

✓ создание методов оценки фактического срока службы и риска (темпа) разрушения дорожной одежды;

✓ разработка теории управления состоянием конструкции с позиции теории риска;

✓ создание методов проектирования геометрических элементов автомобильных дорог по допустимой величине риска возникновения ДТП (заноса, столкновения, наезда и опрокидывания автомобилей).

30 декабря 2009 г. был принят Федеральный закон № 384-ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений» [82]. Закон принят Государственной Думой 23 декабря 2009 г. и одобрен Советом Федерации 25 декабря 2009 г. в целях:

1) защиты жизни и здоровья граждан, имущества физических или юридических лиц, государственного или муниципального имущества;

2) охраны окружающей среды, жизни и здоровья животных и растений;

3) предупреждения действий, вводящих в заблуждение приобретателей;

4) обеспечения энергетической эффективности зданий и сооружений.

Анализ основных положений данного документа дает возможность его применения для автомобильной дороги, так как дорога представляет собой линейное инженерное сооружение. Под сооружением в Федеральном законе «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений» [67] понимается результат строительства, представляющий собой объемную, плоскостную или линейную строительную систему, имеющую наземную, надземную и (или) подземную части. Строительная система состоит из несущих, а в отдельных случаях и ограждающих строительных конструкций, предназначенных для выполнения производственных процессов различного вида, хранения продукции, временного пребывания людей, перемещения людей и грузов.

В работе [133] применяются к классификации автомобильных дорог важнейшие положения Федерального закона «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений» [67].

Для реализации целей в данном законе используются основные понятия, установленные законодательством Российской Федерации о техническом регулировании, законодательством Российской Федерации о градостроительной деятельности и законодательством Российской Федерации о пожарной безопасности. Рассмотрим следующие основные понятия (выборочно):

- жизненный цикл здания или сооружения – период, в течение которого осуществляются инженерные изыскания, проектирование, строительство (в том числе консервация), эксплуатация (в том числе текущие ремонты), реконструкция, капитальный ремонт, снос здания или сооружения;

- механическая безопасность – состояние строительных конструкций и основания здания или сооружения, при котором отсутствует недопустимый риск, связанный с причинением вреда жизни или здоровью граждан, имуществу физических или юридических лиц, государственному или муниципальному имуществу, окружающей среде, жизни и здоровью животных и растений вследствие разрушения или потери устойчивости здания, сооружения или их части;

- сложные природные условия – наличие специфических по составу и состоянию грунтов и (или) риска возникновения (развития) опасных природных процессов и явлений и (или) техногенных воздействий на территории, на которой будут осуществляться строительство, реконструкция и эксплуатация здания или сооружения.

Объектом технического регулирования в данном законе являются здания и сооружения любого назначения (в том числе входящие в их состав сети и системы инженерно-технического обеспечения), а также связанные со зданиями и с сооружениями процессы проектирования (включая изыскания), строительства, монтажа, наладки, эксплуатации и утилизации (сноса).

Федеральный закон распространяется на все этапы жизненного цикла здания или сооружения. Он устанавливает минимально необходимые требования к зданиям и сооружениям, а также к связанным со зданиями и с сооружениями процессам проектирования (включая изыскания), строительства, монтажа, наладки, эксплуатации и утилизации (сноса), в том числе требования:

- ✓ механической безопасности;
- ✓ пожарной безопасности;
- ✓ безопасности при опасных природных процессах и явлениях и (или) техногенных воздействиях;
- ✓ безопасных для здоровья человека условий проживания и пребывания в зданиях и сооружениях;
- ✓ безопасности для пользователей зданиями и сооружениями;
- ✓ доступности зданий и сооружений для инвалидов и других групп населения с ограниченными возможностями передвижения;
- ✓ энергетической эффективности зданий и сооружений;

✓ безопасного уровня воздействия зданий и сооружений на окружающую среду.

В результате идентификации здание или сооружение должно быть отнесено к одному из следующих уровней ответственности, под которыми понимают характеристику здания или сооружения, определяемую в соответствии с объемом экономических, социальных и экологических последствий его разрушения:

- 1) повышенный;
- 2) нормальный;
- 3) пониженный.

Безопасность зданий и сооружений, а также процессов их проектирования, строительства, монтажа, наладки, эксплуатации и утилизации обеспечивается посредством установления соответствующих требованиям безопасности проектных значений параметров зданий и сооружений. Качественные характеристики зданий и сооружений должны соблюдаться в течение всего жизненного цикла объекта. Безопасность зданий и сооружений обеспечивается реализацией названных выше требований в процессе строительства, реконструкции, капитального ремонта, эксплуатации, консервации и сноса.

Строительные конструкции и основание здания или сооружения должны обладать такой прочностью и устойчивостью, чтобы в процессе строительства и эксплуатации не возникало угрозы причинения вреда жизни или здоровью людей, имуществу физических или юридических лиц, государственному или муниципальному имуществу, окружающей среде, жизни и здоровью животных и растений в результате:

- 1) разрушения отдельных несущих строительных конструкций или их частей;
- 2) разрушения всего здания, сооружения или их части;
- 3) деформации недопустимой величины строительных конструкций, основания здания или сооружения и геологических массивов прилегающей территории;
- 4) повреждения части здания или сооружения, сетей инженерно-технического обеспечения или систем инженерно-технического обеспечения в результате деформации, перемещений либо потери устойчивости несущих строительных конструкций, в том числе отклонений от вертикальности.

Здание или сооружение должно быть спроектировано и построено таким образом, чтобы при проживании и пребывании человека в здании или сооружении не возникало вредного воздействия на человека в результате физических, биологических, химических, радиационных и иных воздействий. Здания и сооружения должны быть спроектированы таким образом, чтобы в процессе их строительства и эксплуатации не возникало угрозы оказания негативного воздействия на окружающую среду.

Соответствие проектных значений параметров и других проектных характеристик здания или сооружения требованиям безопасности, а также проектируемые мероприятия по обеспечению его безопасности должны быть обоснованы ссылками на требования закона и ссылками на требования стандартов и сводов правил или на требования специальных технических условий. В случае отсутствия указанных требований соответствие проектных значений и характеристик здания или сооружения требованиям безопасности, а также проектируемые мероприятия по обеспечению его безопасности должны быть обоснованы одним или несколькими способами из следующих способов:

- 1) результаты исследований;
- 2) расчеты и/или испытания, выполненные по сертифицированным или апробированным иным способом методикам;
- 3) моделирование сценариев возникновения опасных природных процессов и явлений и/или техногенных воздействий, в том числе при неблагоприятном сочетании опасных природных процессов и явлений и (или) техногенных воздействий;
- 4) оценка риска возникновения опасных природных процессов и явлений и/или техногенных воздействий.

За предельное состояние строительных конструкций и основания по прочности и устойчивости должно быть принято состояние, характеризующееся:

- 1) разрушением любого характера;
- 2) потерей устойчивости формы;
- 3) потерей устойчивости положения;
- 4) нарушением эксплуатационной пригодности и иными явлениями, связанными с угрозой причинения вреда жизни и здоровью людей, имуществу физических или юридических лиц, государственному или муниципальному имуществу, окружающей среде, жизни и здоровью животных и растений. В расчетах строительных конструкций и основания должны быть учтены все виды нагрузок, соответствующих функциональному назначению и конструктивному решению здания или сооружения, климатические, а в необходимых случаях технологические воздействия, а также усилия, вызываемые деформацией строительных конструкций и основания.

Расчетные модели (в том числе расчетные схемы, основные предпосылки расчета) строительных конструкций и основания должны отражать действительные условия работы здания или сооружения, отвечающие рассматриваемой расчетной ситуации. При этом должны быть учтены:

- 1) факторы, определяющие напряженно-деформированное состояние;
- 2) особенности взаимодействия элементов строительных конструкций между собой и с основанием;
- 3) пространственная работа строительных конструкций;
- 4) геометрическая и физическая нелинейность;

- 5) пластические и реологические свойства материалов и грунтов;
- 6) возможность образования трещин;
- 7) возможные отклонения геометрических параметров от их номинальных значений.

Расчеты, обосновывающие безопасность принятых конструктивных решений здания или сооружения, должны быть проведены с учетом уровня ответственности проектируемого здания или сооружения. С этой целью расчетные значения усилий в элементах строительных конструкций и основании здания или сооружения должны быть определены с учетом коэффициента надежности по ответственности, принятое значение которого не должно быть ниже:

✓ 1,1 – в отношении здания и сооружения повышенного уровня ответственности. К зданиям и сооружениям повышенного уровня ответственности относятся здания и сооружения, отнесенные в соответствии с Градостроительным кодексом Российской Федерации к особо опасным, технически сложным или уникальным объектам;

✓ 1,0 – в отношении здания и сооружения нормального уровня ответственности. К зданиям и сооружениям нормального уровня ответственности относятся все здания и сооружения, за исключением зданий и сооружений повышенного и пониженного уровней ответственности;

✓ 0,8 – в отношении здания и сооружения пониженного уровня ответственности. К зданиям и сооружениям пониженного уровня ответственности относятся здания и сооружения временного (сезонного) назначения, а также здания и сооружения вспомогательного использования, связанные с осуществлением строительства или реконструкции здания или сооружения либо расположенные на земельных участках, предоставленных для индивидуального жилищного строительства.

Обязательная оценка соответствия зданий и сооружений, а также связанных со зданиями и с сооружениями процессов эксплуатации требованиям закона и требованиям, установленным в проектной документации, осуществляется в форме: 1) эксплуатационного контроля; 2) государственного контроля (надзора).

Учитывая вышесказанное, необходимо основные положения Федерального закона «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений» [67] применить и для дорожного хозяйства. В частности, по рекомендациям д.т.н. Кокодеевой Н.Е. [133], следует разработать методы классификации автомобильных дорог по уровню ответственности, в связи с чем расчеты, обосновывающие безопасность принятых конструктивных решений автомобильной дороги, должны быть выполнены с учетом уровня ответственности проектируемого сооружения.

В 1997 году был принят Федеральный закон № 116-ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» [68] от 21.07.1997 (с последними изменениями на 27.07.2010г.), который необхо-

можно отнести в качестве базового документа применительно и к дорожному хозяйству. Обосновано это тем, что в соответствии с Федеральным законом «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» [68] к категории опасных производственных объектов относятся объекты, на которых «получаются, используются, перерабатываются, образуются, хранятся, транспортируются, уничтожаются следующие опасные вещества:

а) воспламеняющиеся вещества – газы, которые при нормальном давлении и в смеси с воздухом становятся воспламеняющимися и температура кипения которых при нормальном давлении составляет 20 градусов Цельсия или ниже;

б) окисляющие вещества – вещества, поддерживающие горение, вызывающие воспламенение и (или) способствующие воспламенению других веществ в результате окислительно-восстановительной экзотермической реакции;

в) горючие вещества – жидкости, газы, пыли, способные самовозгораться, а также возгораться от источника зажигания и самостоятельно гореть после его удаления;

г) взрывчатые вещества – вещества, которые при определенных видах внешнего воздействия способны на очень быстрое самораспространяющееся химическое превращение с выделением тепла и образованием газов;

д) токсичные вещества – вещества, способные при воздействии на живые организмы приводить к их гибели».

Учитывая вышесказанное, автомобильную дорогу следует рассматривать как опасный производственный объект, по которому непрерывно круглосуточно происходит передвижение автомобильного транспорта, отнесенного к объектам повышенной опасности. Это означает, что в области технического регулирования в дорожной деятельности следует руководствоваться также Федеральным законом «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» от 21.07.1997 (с последними изменениями на 27.07.2010г.) [68].

По предложению д.т.н. Кокодеевой Н.Е. [133], техническое регулирование в дорожной деятельности следует осуществлять также с учётом положений Федерального закона № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» [69], принятый 22 июля 2008 г. для обеспечения выполнения закона «О техническом регулировании» [1] на территории Российской Федерации.

Данный закон принят в целях защиты жизни, здоровья, имущества граждан и юридических лиц, государственного и муниципального имущества от пожаров. В нём определены основные положения технического регулирования в области пожарной безопасности и установлены общие требования пожарной безопасности к объектам защиты (продукции), в том

числе к зданиям, сооружениям и строениям, промышленным объектам, пожарно-технической продукции и продукции общего назначения.

В статье 2 данного Федерального закона «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» [69] приведены основные понятия, такие, как:

✓ пожарный риск – мера возможности реализации пожарной опасности объекта защиты и ее последствий для людей и материальных ценностей;

✓ допустимый пожарный риск – пожарный риск, уровень которого допустим и обоснован исходя из социально-экономических условий;

✓ индивидуальный пожарный риск – пожарный риск, который может привести к гибели человека в результате воздействия опасных факторов пожара;

✓ социальный пожарный риск – степень опасности, ведущей к гибели группы людей в результате воздействия опасных факторов пожара;

✓ производственные объекты – объекты промышленного и сельскохозяйственного назначения, в том числе склады, объекты инженерной и транспортной инфраструктуры (железнодорожного, автомобильного, речного, морского, воздушного и трубопроводного транспорта), объекты связи.

В статье 6 данного закона отмечается, что объект защиты соответствует требованиям пожарной безопасности является, если пожарный риск не превышает допустимых значений, установленных Федеральным законом.

В статье 93 приводятся нормативные значения пожарного риска для производственных объектов, а именно:

1. Величина индивидуального пожарного риска в зданиях, сооружениях, строениях и на территориях производственных объектов не должна превышать одну миллионную в год.

2. Для производственных объектов, на которых обеспечение величины индивидуального пожарного риска одной миллионной в год невозможно в связи со спецификой функционирования технологических процессов, допускается увеличение индивидуального пожарного риска до одной десятитысячной в год.

3. Величина индивидуального пожарного риска в результате воздействия опасных факторов пожара на производственном объекте для людей, находящихся в селитебной зоне вблизи объекта, не должна превышать одну стомиллионную в год.

4. Величина социального пожарного риска воздействия опасных факторов пожара на производственном объекте для людей, находящихся в селитебной зоне вблизи объекта, не должна превышать одну десятиллионную в год.

Исходя из приведенных выше определений, к производственному объекту можно отнести и автозаправочные станции (АЗС). Статья 71 данного Федерального закона «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» посвящена определению противопожарных расстояний

от зданий, сооружений и строений автозаправочных станций до граничащих с ними объектов защиты.

АЗС является стационарным источником загрязнения атмосферы парами бензина, дизельного топлива и их составляющими: бензолом, ксилолом и т.п., а также продуктами сгорания моторного топлива: оксидом и диоксидом азота, оксидом углерода, диоксидом серы и т.п.

В настоящее время возросло количество необоснованно размещенных и построенных автозаправочных станций. Как правило, размещение АЗС осуществляется без инженерно-технического сопровождения и без учета экономического сравнения вариантов, в результате ошибок они наносят большой вред окружающей среде.

В связи с тем, что АЗС обычно располагают на примыканиях к автомобильным дорогам общего назначения, то задачи охраны окружающей среды следует решать комплексно, оценивая совместное воздействие их и автотранспорта на прилегающие территории.

Согласно статье 71 Федерального закона противопожарные расстояния от автозаправочных станций моторного топлива до соседних объектов должны соответствовать требованиям, установленным в табл.1.3.2.

Таким образом, учитывая АЗС как объект дорожной инфраструктуры, необходимо, в соответствии с Федеральными законами [2, 15], устанавливать риск распространения пожара по причине недостаточного расстояния от АЗС до объекта с использованием теоретико-вероятностного подхода, созданного д.т.н. Кокодеевой Н.Е., представителем научной школы профессора Столярова В.В.

В табл. 1.3.3 на основании проведенной идентификации объектов транспортной инфраструктуры приведены ряд федеральных законов в виде технических регламентов, а также национальные стандарты и своды правил, которыми нужно руководствоваться в сфере дорожной деятельности.

Исходя из вышесказанного, можно сделать вывод о том, что в области дорожной деятельности после принятия Федерального закона «О техническом регулировании» имеют силу следующие федеральные законы:

Федеральный Закон «Об автомобильных дорогах и о дорожной деятельности в Российской Федерации и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» от 8 ноября 2007 г. [15].

Федеральный закон «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений» от 30 декабря 2009 г. [67].

Федеральный закон «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» от 21.07.1997 (с последними изменениями на 27.07.2010г.) [68].

Федеральный закон «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» от 22 июля 2008 г. [69].



Т а б л и ц а 1.3.2

Противопожарные расстояния от автозаправочных станций бензина  
и дизельного топлива до граничащих с ними объектов

Наименования объектов, до которых определяются противопожарные расстояния	Противопожарные расстояния от автозаправочных станций с подземными резервуарами, м	Противопожарные расстояния от автозаправочных станций с наземными резервуарами, м	
		общей вместимостью более 20 м <sup>3</sup>	общей вместимостью не более 20 м <sup>3</sup>
Производственные, складские и административно-бытовые здания, сооружения и строения промышленных организаций	15	25	25
Лесные массивы:			
хвойных и смешанных пород	25	40	30
лиственных пород	10	15	12
Жилые и общественные здания	25	50	40
Места массового пребывания людей	25	50	50
Индивидуальные гаражи и открытые стоянки для автомобилей	18	30	20
Торговые киоски	20	25	25
Автомобильные дороги общей сети (край проезжей части):			
I, II и III категорий	12	20	15
IV и V категорий	9	12	9
Маршруты электрифицированного городского транспорта (до контактной сети)	15	20	20
Железные дороги общей сети (до подошвы насыпи или бровки выемки)	25	30	30
Очистные канализационные сооружения и насосные станции, не относящиеся к автозаправочным станциям	15	30	25
Технологические установки категорий АН, БН, ГН, здания и сооружения с наличием радиоактивных и вредных веществ I и II классов опасности	-	100	-
Склады лесных материалов, торфа, волокнистых горючих веществ, сена, соломы, а также участки открытого залегания торфа	20	40	30

Т а б л и ц а 1.3.3

Идентификация объектов транспортной инфраструктуры  
в соответствии с законодательной базой

№ п/п	Термины и определения	Законодательный документ
1	2	3
1	<b>Автомобильная дорога</b> – объект транспортной инфраструктуры, предназначенный для движения транспортных средств и включающий в себя земельные участки в границах полосы отвода автомобильной дороги и расположенные на них или под ними конструктивные элементы (дорожное полотно, дорожное покрытие и подобные элементы) и дорожные сооружения, являющиеся ее технологической частью, - защитные дорожные сооружения, искусственные дорожные сооружения, производственные объекты, элементы обустройства автомобильных дорог	Федеральный Закон № 257-ФЗ «Об автомобильных дорогах и о дорожной деятельности в Российской Федерации и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации»
2	<b>Объекты дорожного сервиса</b> – здания, строения, сооружения, иные объекты, предназначенные для обслуживания участников дорожного движения по пути следования (автозаправочные станции, автостанции, автовокзалы, гостиницы, кемпинги, мотели, пункты общественного питания, станции технического обслуживания, подобные объекты, а также необходимые для их функционирования места отдыха и стоянки транспортных средств)	Федеральный Закон № 257-ФЗ «Об автомобильных дорогах и о дорожной деятельности в Российской Федерации и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации»
3	<b>Производственные объекты</b> – сооружения, используемые при капитальном ремонте, ремонте, содержании автомобильных дорог	Федеральный Закон № 257-ФЗ «Об автомобильных дорогах и о дорожной деятельности в Российской Федерации и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации»
4	<b>Производственные объекты</b> – объекты промышленного и сельскохозяйственного назначения, в том числе склады, объекты инженерной и транспортной инфраструктуры (железнодорожного, автомобильного, речного, морского, воздушного и трубопроводного транспорта), объекты связи	Федеральный закон № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности»
5	К категории <b>опасных производственных объектов</b> относятся объекты, на которых получают, используются, перерабатываются, образуются, хранятся, транспортируются, уничтожаются опасные вещества	Федеральный закон № 116-ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов»

## Окончание табл. 1.3.3

1	2	3
6	<b>Потенциально опасный объект</b> – объект, на котором используют, производят, перерабатывают, хранят или транспортируют радиоактивные, пожаровзрывоопасные, опасные химические и биологические вещества, создающие реальную угрозу возникновения источника чрезвычайной ситуации	ГОСТ Р 22.1.12-2005 «Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Структурированная система мониторинга и управления инженерными системами зданий и сооружений. Общие требования»
7	<b>Сооружение</b> – строительная система любого функционального назначения, в состав которой входят помещения, предназначенные в зависимости от функционального назначения для пребывания или проживания людей и осуществления технологических процессов	Федеральный закон № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности»
8	<b>Сооружения</b> – строительная система, не имеющая наземного замкнутого объема, - мосты и тоннели длиной более 500 м, метрополитены, гидротехнические сооружения 1-го и 2-го классов	ГОСТ Р 22.1.12-2005 «Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Структурированная система мониторинга и управления инженерными системами зданий и сооружений. Общие требования»
9	<b>Сооружение</b> – результат строительства, представляющий собой объемную, плоскостную или линейную строительную систему, имеющую наземную, надземную и (или) подземную части, состоящую из несущих, а в отдельных случаях и ограждающих строительных конструкций и предназначенную для выполнения производственных процессов различного вида, хранения продукции, временного пребывания людей, перемещения людей и грузов	Федеральный закон № 384-ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений»
10	<b>Жизненный цикл здания или сооружения</b> – период, в течение которого осуществляются инженерные изыскания, проектирование, строительство (в том числе консервация), эксплуатация (в том числе текущие ремонты), реконструкция, капитальный ремонт, снос здания или сооружения	Федеральный закон № 384-ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений»

Следующий этап выполнения Федерального закона «О техническом регулировании» – разработка и утверждение законодательных документов в виде национальных стандартов и сводов правил, представленных Федеральным агентством по техническому регулированию и метрологии (рис. 1.3.3):

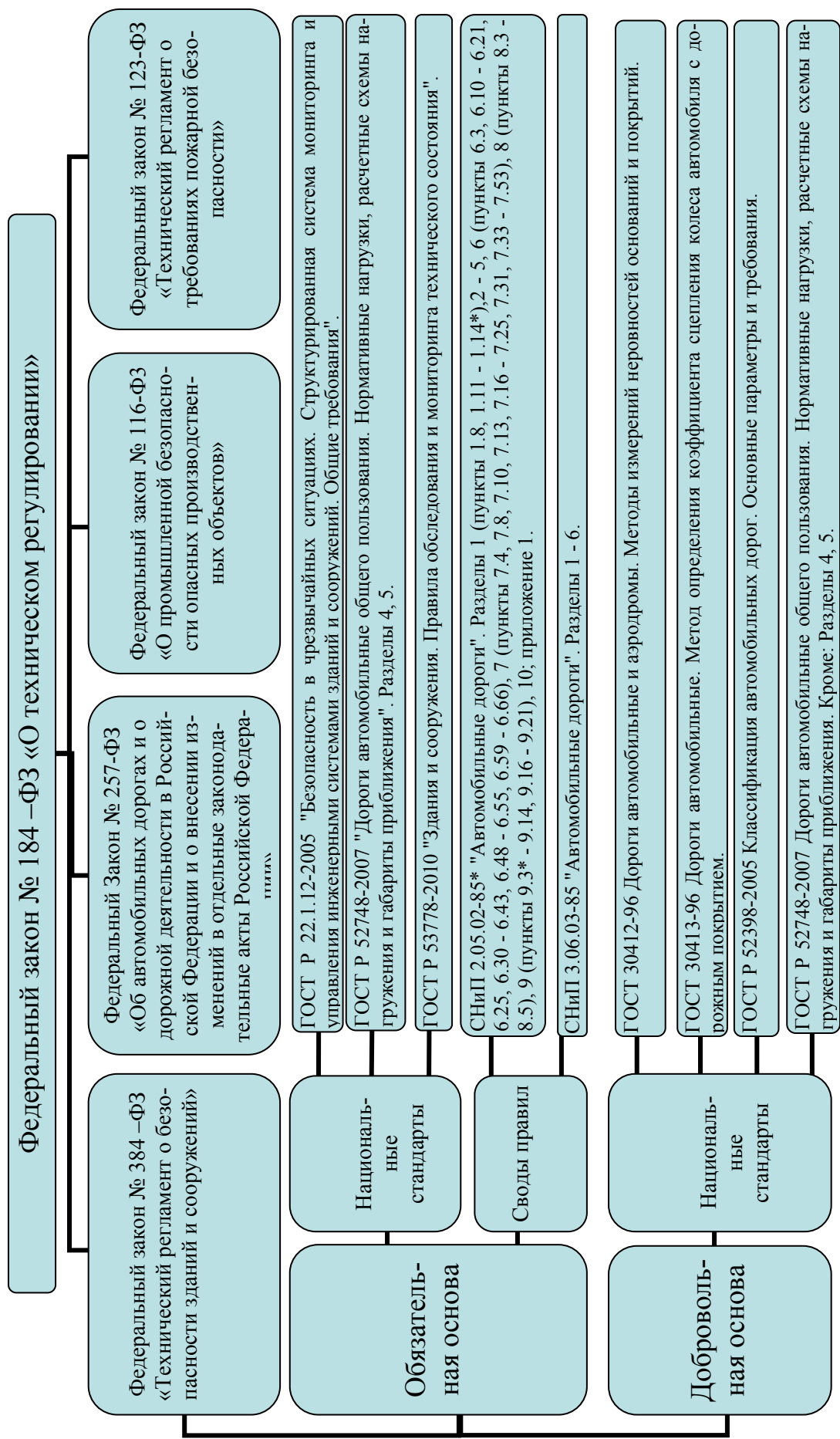


Рис. 1.3.3. Основные действующие законодательные документы применительно к области дорожной деятельности

1. В соответствии с частью 3 статьи 42 Федерального закона «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений» **утвержден перечень национальных стандартов и сводов правил** (частей таких стандартов и сводов правил), в результате применения которых **на обязательной основе** обеспечивается соблюдение требований Федерального закона «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений». Данный перечень был утвержден распоряжением Правительства Российской Федерации от 21 июня 2010 г. № 1047-р.

2. Утвержден перечень документов в области стандартизации, в результате применения которых на добровольной основе обеспечивается соблюдение требований Федерального закона «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений». В настоящем перечне указанные после слова «Кроме:» разделы, части и пункты нормативного документа включены в Перечень национальных стандартов и сводов правил (частей таких стандартов и сводов правил), в результате применения которых на обязательной основе обеспечивается соблюдение требований Федерального закона «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений». Данный перечень был утвержден приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 01.06.2010 г. № 2079.

3. Утвержден перечень национальных стандартов и сводов правил, в результате применения которых на добровольной основе обеспечивается соблюдение требований Федерального закона «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности». Данный перечень утвержден приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 30 апреля 2009 г. № 1573.

На рис. 1.3.3 представлены некоторые основные федеральные законы, ГОСТы, СНИПы, применимые к области дорожной деятельности.

Такая схема должна бы действовать на сегодняшний день в связи с тем, что в области проектирования, строительства, эксплуатации, реконструкции, содержания автомобильных дорог в Российской Федерации не принят ни один технический регламент. Но принят и будет действовать с 2015 года межгосударственный технический регламент «О безопасности автомобильных дорог» Таможенного союза (Республика Казахстан, Республики Беларусь и Российская Федерация). Этот документ имеет более высокий статус, чем статус технических регламентов отдельных государств, входящих в Таможенный союз. К такому состоянию дел в области дорожной деятельности можно было бы отнестись сдержанно и с пониманием, если бы в техническом регламенте «О безопасности автомобильных дорог» Таможенного союза были установлены обязательные (минимально необходимые) требования к безопасности автомобильных дорог и их элементов, основанные на оценках риска. В федеральных законах «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений»; «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» и «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» такие оценки риска присутствуют. Только основополагающие документы дорожного хозяй-

ства: ОДМ 218.1.001-2010 [71], Федеральный закон № 257-ФЗ «Об автомобильных дорогах и о дорожной деятельности в Российской Федерации и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» и межгосударственный технический регламент Таможенного союза «О безопасности автомобильных дорог» не имеют таких оценок.

Кроме названного несоответствия имеют место отступления некоторых требований «Технического регламента о безопасности зданий и сооружений» от основных положений и требований Федерального закона «О техническом регулировании». В соответствии с основными положениями Федерального закона «О техническом регулировании» [1] *технические регламенты* должны устанавливать *обязательные* для применения и исполнения *требования* к объектам технического регулирования, а *национальные стандарты и своды правил* должны применяться *на добровольной основе*. О том, что технический регламент устанавливает обязательные для применения и исполнения требования к объектам технического регулирования сказано в статье 2 Федерального закона «О техническом регулировании», а в статье 15 этого же закона говорится о том, что национальные стандарты и своды правил применяются на добровольной основе.

В противоречии с этими положениями Федерального закона «О техническом регулировании» находятся одноимённые положения Федерального закона № 384-ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений». Так, в статье 6 Федерального закона № 384-ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений» говорится:

- «*Правительство Российской Федерации утверждает перечень национальных стандартов и сводов правил* (частей таких стандартов и сводов правил), в результате применения которых *на обязательной основе* обеспечивается соблюдение требований настоящего Федерального закона»;

- «В *перечень национальных стандартов и сводов правил* могут включаться национальные стандарты и своды правил (части таких стандартов и сводов правил), содержащие *минимально необходимые требования* для обеспечения безопасности зданий и сооружений...».

Однако в Федеральном законе «О техническом регулировании» пунктом 1 в статье 7 закреплено, что именно «*технические регламенты* с учетом степени риска причинения вреда *устанавливают минимально необходимые требования, обеспечивающие* безопасность ...». Но никак не национальные стандарты и своды правил.

В последней редакции Федерального закона «О техническом регулировании» имеется статья 5, предназначенная к использованию в отношении *оборонной продукции*, поставляемой по государственному оборонному заказу. Применяется эта же статья в целях защиты объектов, связанных с обеспечением ядерной и радиационной безопасности, для защиты сведений, составляющих государственную тайну в области внешней разведки, противодействия техническим разведкам и технической защиты информации, а так же при использовании атомной энергии. Перечисленные объекты и продукция могут находиться в стадиях: проектирования, производства,

строительства, хранения, перевозки, захоронения. Для данных объектов и продукции в Федеральном законе «О техническом регулировании» предусмотрено **утверждение и применение как технических регламентов, так и национальных стандартов и сводов правил на обязательной основе.**

Возможно, что Федеральный закон № 384-ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений» каким-то загадочным образом (или обоснованием) оказался под патронажем статьи 5 Федерального закона «О техническом регулировании». Это привело к тому, что в табл.1.3.3 появились некоторые ГОСТы и Сводоы правил, принимаемые на обязательной основе, что противоречит основному закону «О техническом регулировании».

Если проанализировать принятый на обязательной основе свод правил, а именно СНиП 2.05.02-85\* «Автомобильные дороги», то выборка оставленных к применению пунктов вызывает множество вопросов. Например:

Оставлены пункты:

- 6.3, 6.14, 6.20, 6.21, 6.31 со ссылкой на приложение 2;
- п.6.15 со ссылкой на приложение 4;
- п.6.40 со ссылкой на приложение 5;
- п.6.54 со ссылкой на приложение 6.

Однако в СНиП 2.05.02-85\* «Автомобильные дороги» теперь имеет силу только приложение 1, в то время как утратившие силу приложения, классифицировали типы местности по характеру и степени увлажнения, типы и подтипы грунтов по степени засоления, по степени набухания, по степени просадочности, по степени пучинистости при замерзании и т.п. Что же теперь – приложение 1 принимать на обязательной основе, а приложения 2-6 на добровольной основе?

Оставлен п. 6.25, рекомендующий крутизну откосов насыпей на прочном основании высотой до 6 м и 12 м, в то же время п.6.26 утратил силу, рекомендовавший крутизну откосов для насыпей менее 3м на дорогах I-III категорий. Какую же величину крутизны откосов на малых насыпях принимать? Возможен вариант: при невысоких насыпях – добровольная основа?

Очень сомнительный подход к оценке необходимости некоторых положений законодательных документов. Если бы все названные пункты и приложения оценивались по рискам и в связи с этим принимались на добровольной основе, то это было бы правильно.

Те законодательные документы, касающиеся в явном виде области дорожного хозяйства и принятые в виде обязательных документов или на добровольной основе, практически не содержат никакой информации об оценке степени риска и степени причиняемого ущерба. Исключение некоторых положений из этих документов и оставление других положений не выполняет основного требования Федерального закона «О техническом регулировании» – разработка процедуры оценки степени риска.

Учитывая основные положения Федерального закона «О техническом регулировании», следует отметить, что к настоящему времени должна была бы быть иная законодательная база, касающаяся области дорожного хозяйства (рис.1.3.4).

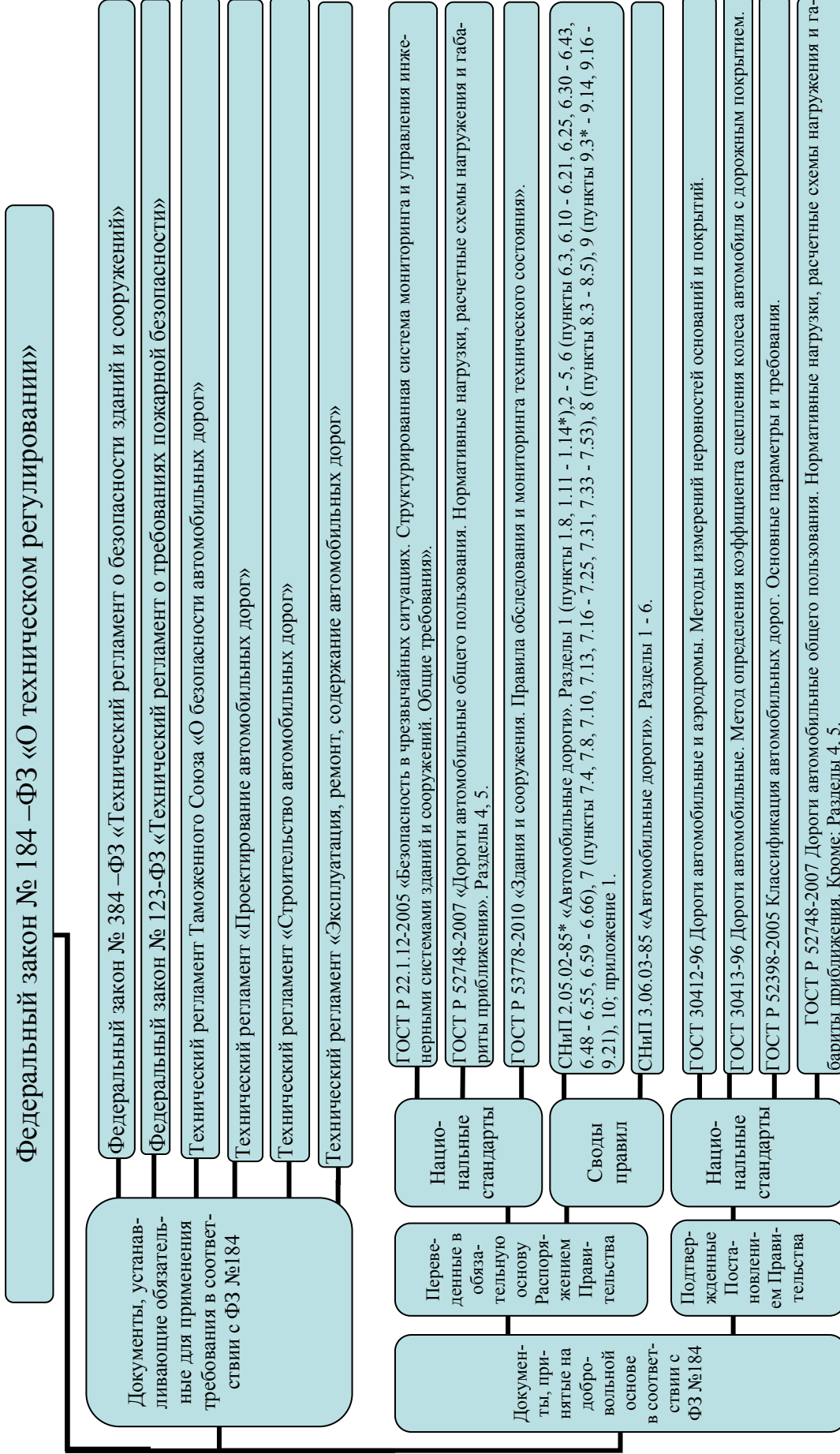


Рис. 1.3.4. Необходимые законодательные документы в области дорожного хозяйства в соответствии с Федеральным законом №184-ФЗ «О техническом регулировании»



#### 1.4. Определение направлений и методов совершенствования научных основ применения принципов технического регулирования для объектов дорожной деятельности

Начало XXI века для России ознаменовалось переходом законодательной базы Российской Федерации на новый международный уровень, в результате которого в течение переходного периода регламентировалась разработка технических регламентов, национальных стандартов и стандартов предприятий во всех сферах технической деятельности.

Одна из актуальных проблем, с которой пришлось столкнуться разработчикам, – это обеспечение безопасности продукции, услуг и т.п. через оценку уровня риска и оценку степени причинения вреда. Однако единого мнения по решению данного вопроса нет. Более того, сам термин «техническое регулирование» был определен в Федеральном законе «О техническом регулировании» только в его редакции от 2007 года.

Например, в сентябре 2004 года в Центре информационных технологий компании «Гарант» состоялось Интернет-интервью с директором Департамента технического регулирования и метрологии Министерства промышленности и энергетики Российской Федерации Глазатовой М.К. В этом интервью было сказано, что термин «техническое регулирование» впервые вошел в жизнь с момента принятия закона «О техническом регулировании», закрепив за собой определение целой сферы регулирования, и ныне успешно используется как общепринятый на международном уровне [76].

Согласно Федеральному закону «О техническом регулировании» основная часть технического законодательства должна быть представлена в виде технических регламентов, которые разрабатываются с учетом уровня риска и степени причинения вреда и принимаются в том же порядке, что и обычные федеральные законы. В технических регламентах устанавливаются обязательные (минимально необходимые) требования, обеспечивающие различные виды безопасности продукции, процессов производства, эксплуатации, хранения, перевозки, реализации и утилизации. Под безопасностью следует понимать состояние, при котором отсутствует недопустимый риск, связанный с причинением вреда жизни или здоровью граждан, имуществу физических или юридических лиц, государственному или муниципальному имуществу, окружающей среде, жизни или здоровью животных и растений.

Целью системы технического регулирования (конкретно в дорожном хозяйстве) до принятия Федерального закона «О техническом регулировании» выступало обеспечение надежности транспортного сооружения, под требуемым уровнем которой понималась, например, вероятность безотказной работы транспортного сооружения в течение межремонтного периода [77]. Или другое определение надежности: надежность автомобильной

дороги – способность дороги обеспечивать бесперебойное круглогодичное, круглосуточное безопасное и удобное движение автомобилей с установленными скоростями и нагрузками в течение всего срока службы [24].

Надёжность является комплексным свойством, которое в зависимости от назначения объекта и условия его применения может включать безотказность, долговечность, ремонтпригодность и сохраняемость или определённые сочетания этих свойств. Все показатели надёжности являются функциями времени: безотказность – время работы до момента наступления отказа, ремонтпригодность – время, которое затрачивается на предупреждение отказа и устранение его последствий, долговечность – время до наступления предельного состояния, сохраняемость – время сохранения работоспособного состояния объекта, выключенного из эксплуатации.

В качестве количественного показателя отказа дорожной одежды используют предельный коэффициент разрушения ( $K_p^{PP}$ ), физическое толкование которого соответствует понятию предельного риска  $r$  (темпа) разрушения, связанного с требуемым уровнем надёжности следующим выражением [46]:

$$r = 1 - K_p^{PP}. \quad (1.4.1)$$

Риск  $r$  (темп) разрушения (или коэффициент разрушения) представляет собой отношение суммарной протяженности (или суммарной площади) участков дороги, требующих ремонта из-за недостаточной прочности дорожной одежды, к общей протяженности (или общей площади) дороги. Протяжённость дороги [77] менее универсальный показатель, чем площадь конструкции [47], так как «объём» разрушения конструкции зависит от её ширины, а значит, оценка площади разрушения даёт исчерпывающую характеристику определяемого риска.

С момента принятия Федерального закона «О техническом регулировании», как уже отмечалось, величину недопустимого риска связывают с состоянием безопасности. Следовательно, количественная оценка риска выступает в качестве инструмента для характеристики уровня безопасности (а ранее – уровня надёжности).

Безопасность является основным качеством, необходимым во всех сферах деятельности человека. Особое значение она имеет в области проектирования, строительства и эксплуатации транспортных сооружений – автомобильных дорог, мостов, тоннелей и др.

Рост интенсивности, скоростей движения транспортного потока, его состав, эксплуатация транспортных сооружений в сложных природных условиях и многие другие факторы определяют обеспечение безопасности функционирования транспортных сооружений приоритетной и актуальной задачей при их проектировании, строительстве и эксплуатации. Необходи-

мо отметить, что именно при проектировании и строительстве транспортных сооружений закладывается уровень риска причинения вреда, который может оказаться выше допустимого (безопасного) уровня при эксплуатации сооружений.

В настоящее время разработка технических регламентов и государственных стандартов в России и странах СНГ происходит на основе международных систем стандартизации и менеджмента качества, однако с разной скоростью и с существенно различными результатами.

В наиболее явном виде это заметно при анализе документов технического регулирования в области дорожной деятельности и автотранспортных средств. В России до сих пор не принят технический регламент по безопасности автомобильных дорог, а технический регламент «Безопасность автомобильных дорог» Таможенного союза не регламентирует безопасность автомобильных дорог, а декларирует её.

В табл. 1.4.1 приведены отличительные признаки основных методологических подходов реализации принципов технического регулирования в дорожной деятельности. При этом рассматривается система технического регулирования до и после принятия Федерального закона «О техническом регулировании». В качестве отличительных признаков системы технического регулирования были выбраны: цель, объект (субъект), документы и степень ответственности, задачи, инструмент, методика испытания, результат, гармонизация законодательства о безопасности опасных производственных объектов и системы технического регулирования, методы идентификации.

Под системой технического регулирования в соответствии с основными положениями Федерального закона «О техническом регулировании» предлагается понимать совокупность:

- нормативных международных соглашений и законодательных актов Российской Федерации;
- технических регламентов с учетом оценки степени риска и степени причиняемого ущерба;
- национальных стандартов и стандартов организаций в области технического регулирования, гармонизированных между собой и отражающих минимально необходимые требования к безопасности технических объектов и услуг;
- процедуры нормирования, оценки и управления риском.

В связи с этим в рамках реализации на современном этапе системы технического регулирования предлагается рассматривать теоретико-вероятностный подход научной школы проф. Столярова В.В., в полной мере отвечающий целям и задачам Федерального закона «О техническом регулировании».

В целях совершенствования данного подхода следует развивать методы оценки технических и экологических рисков применительно к объектам дорожной деятельности по всем признакам, указанным в табл. 1.4.1.

Идея изменения принципов технического регулирования заключается в отходе от преобладающего удовлетворения потребностей собственников объектов и сооружений (Минтранс и Росавтодор) к более полному удовлетворению потребностей их пользователей – водителей, пешеходов, пассажиров и перевозчиков – через аппарат теории риска и регулирование по независимым факторам-опасностям.

С учетом Руководства ИСО/МЭК 51:1999 «Аспекты безопасности. Руководящие указания по включению их в стандарты» Техническим комитетом по стандартизации ТК 10 разработан ГОСТ Р 51898–2002 с таким же названием «Аспекты безопасности. Правила включения в стандарты» [80]. Устанавливаемые ГОСТ Р 51898–2002 правила основаны на уменьшении риска, возникающего при использовании продукции, процессов или услуг. При этом рассматривается полный жизненный цикл продукции, процесса или услуги, включая предназначенное использование и возможное предсказуемое неправильное использование [55 - 60, 62].

В стандарте ГОСТ Р 51898–2002 [80] применяют термины:

- ✓ **безопасность**: отсутствие недопустимого риска;
- ✓ **риск**: сочетание вероятности нанесения ущерба и тяжести этого ущерба;
- ✓ **ущерб**: нанесение физического повреждения или другого вреда здоровью людей, или вреда имуществу или окружающей среде;
- ✓ **вызывающее ущерб событие**: событие, при котором опасная ситуация приводит к ущербу;
- ✓ **опасность**: потенциальный источник возникновения ущерба;
- ✓ **опасная ситуация**: обстоятельства, в которых люди, имущество или окружающая среда подвергаются опасности;
- ✓ **допустимый риск**: риск, который в данной ситуации считают приемлемым при существующих общественных ценностях;
- ✓ **защитная мера**: мера, используемая для уменьшения риска;
- ✓ **остаточный риск**: риск, остающийся после принятых защитных мер;
- ✓ **анализ риска**: систематическое использование информации для выявления опасности и количественной оценки риска;
- ✓ **оценивание риска**: основанная на результатах анализа риска процедура проверки, устанавливающая, не превышен ли допустимый риск;
- ✓ **оценка риска**: общий процесс анализа риска и оценивания риска;
- ✓ **предназначенное использование**: использование продукции, процесса или услуги в соответствии с информацией, представленной поставщиком;

✓ **возможное предсказуемое неправильное использование:** использование продукции, процесса или услуги не предназначенным поставщиком образом, а вследствие предсказуемого поведения человека.

В ГОСТ Р 51898–2002 [80] устанавливается, что слова «безопасность» и «безопасный» применяются только для выражения уверенности и гарантий риска. Не следует употреблять слова «безопасность» и «безопасный» в качестве описательного прилагательного предмета, так как они не передают никакой полезной информации. Рекомендуется всюду, где возможно, эти слова заменять признаками предмета, например: «нескользящее покрытие для пола» (вместо – «безопасное покрытие»).

Выделены вопросы концепции безопасности. Аспекты безопасности необходимо учитывать в деятельности по стандартизации во многих областях для большинства видов продукции, процессов и услуг. Не может быть абсолютной безопасности – некоторый риск, определяемый как остаточный, будет оставаться всегда.

Безопасности достигают путем снижения уровня риска до допустимого значения. **Допустимый риск** определяют как вероятность нежелательного события, обеспечивающую оптимальное соотношение между безопасностью и требованиями к продукции, процессам или услугам. Величины допустимого риска достигают с помощью итеративного процесса оценки риска и уменьшения риска (рис. 1.4.1).

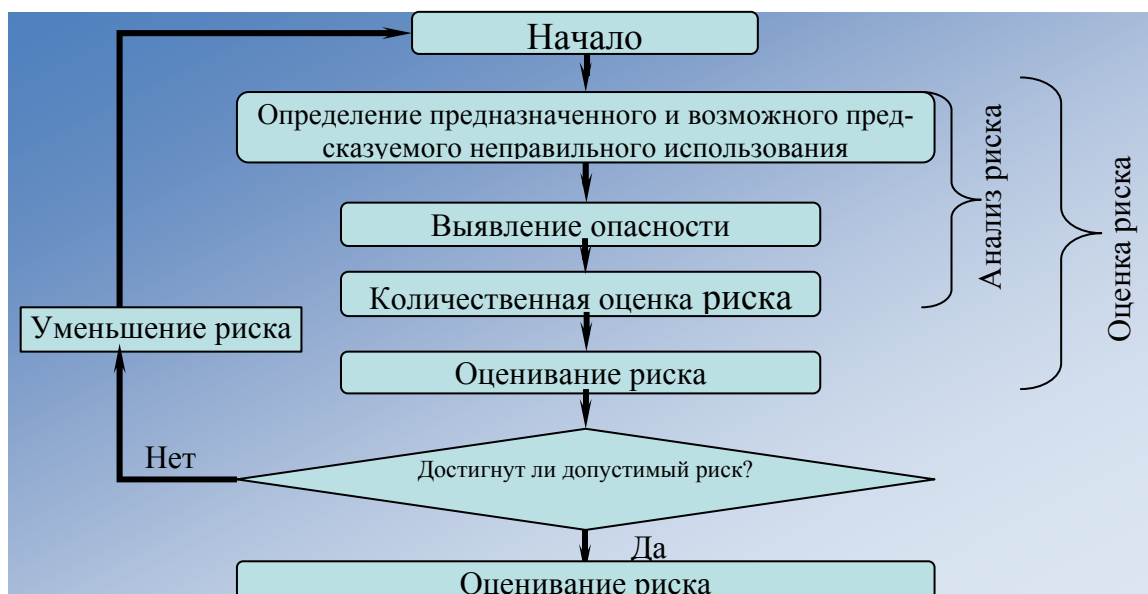


Рис. 1.4.1. Итеративный процесс оценки риска и уменьшения риска

Для достижения уровня риска до величины допустимого риска применяют следующую процедуру:

а) определяют возможные группы пользователей продукции, процесса или услуги;

б) определяют предназначенное использование и все виды возможного предсказуемого неправильного использования продукции, процесса или услуги;

в) выявляют каждую опасность (любую опасную ситуацию, событие, вызывающее ущерб), возникающую на всех этапах и при всех условиях использования продукции, процесса или услуги, включая установку, эксплуатацию, ремонт и уничтожение/утилизацию;

г) оценивают риск для каждой определенной группы пользователей или контактирующей группы, возникающий вследствие определенной опасности;

д) принимают решение, является ли риск допустимым (например, по сравнению с подобной продукцией, процессами или услугами);

е) если риск является недопустимым, снижают уровень риска до допустимого уровня.

Способы уменьшения риска: разработка безопасного в своей основе проекта; защитные устройства и персональное защитное оборудование; информация по установке и применению; обучение.

Пользователь участвует в процедуре уменьшения риска путем выполнения предписаний, представленных разработчиком/поставщиком. Меры, предпринимаемые в процедуре разработки проекта, располагаются в порядке приоритета – в отличие от мер, принимаемых пользователем, так как этот порядок зависит от конкретных условий.

Классификация типов стандартов на безопасность:

✓ основополагающие стандарты на безопасность, включающие в себя фундаментальные концепции, принципы и требования, относящиеся к основным аспектам безопасности. Эти стандарты применяют для широкого диапазона видов продукции, процессов и услуг;

✓ групповые стандарты на безопасность, включающие в себя аспекты безопасности, применимые к нескольким видам или к семейству близких видов продукции, процессов или услуг. В этих стандартах, насколько возможно, делают ссылки на основополагающие стандарты на безопасность;

✓ стандарты на безопасность продукции, включающие в себя аспекты безопасности определенного вида или семейства продукции, процессов или услуг. В этих стандартах (по возможности) делают ссылки на основополагающие стандарты на безопасность и групповые стандарты на безопасность;

✓ стандарты на продукцию, содержащие аспекты безопасности, но касающиеся не только аспектов безопасности. В них должны быть сделаны ссылки на основополагающие стандарты на безопасность и групповые стандарты на безопасность.

Таблица 1.4.1

Отличительные признаки основных методологических подходов реализации принципов технического регулирования в дорожной деятельности

№ п/п	Признак	Система технического регулирования до 2002 г. (отечественная система законодательства и стандартизации)	Система технического регулирования в соответствии с ФЗ № 184 «О техническом регулировании» (после 2002 г.)	Теоретико-вероятностный подход научной школы профессора Столярова В.В.	Совершенствование методов оценки технических и экологических рисков
1	2	3	4	5	6
1	Цель	Надежность транспортного сооружения	Безопасность транспортного сооружения. Безопасность потребителя	Безопасность транспортного сооружения. Безопасность потребителя	Безопасность транспортного сооружения. Безопасность потребителя
2	Объект (субъект)	Государство (министерство и ведомство) – владелец объекта – транспортного сооружения	Потребитель-водитель и пешеход. Владелец груза и/или транспортного средства, объекта дорожной инфраструктуры. Владелец объекта (транспортного сооружения)	Потребитель-водитель и пешеход. Владелец груза и/или транспортного средства, объекта дорожной инфраструктуры. Владелец объекта (транспортного сооружения)	Потребитель-водитель и пешеход. Владелец груза и/или транспортного средства, объекта дорожной инфраструктуры. Владелец объекта (транспортного сооружения)
3	Документы и степень ответственности	ГОСТ, ОСТ, ВСН, ТУ – обязательный уровень	Технические регламенты (обязательный уровень), ГОСТ, стандарты организаций (рекомендательный уровень)	Альтернативные технические регламенты на безопасность проектирования, строительства и эксплуатации автомобильных дорог. Разработка стандартов организаций (стандарт организации ПУИЦ «Волгодортранс» СГТУ)	Разработка стандартов организации (ПУИЦ «Волгодортранс» СГТУ)

Продолжение табл. 1.4.1

1	2	3	4	5	6
4	Задачи	Обеспечение высоких потребительских свойств (скорость, непрерывность, безопасность и удобство движения автомобилей, пропускная способность и уровень загрузки дороги движением, допустимая осевая нагрузка, общая масса и габариты автомобилей, разрешенные для движения, экологическая безопасность) автомобилей (дорог, через которые дорожная деятельность вносит свой вклад в технико-экономические показатели работы автотранспорта, в развитие регионов и страны)	Обеспечение безопасности транспортного сооружения. Обеспечение безопасности потребителя	Обеспечение безопасности транспортного сооружения. Обеспечение безопасности потребителя. Оценка риска (темп) раз-ушения дорожной одежды и оценка срока службы конструкции на основе заданного (нормированного) уровня надёжности транспортного сооружения	Гармонизация старой и новой систем технического регулирования. Методы классификации автомобильных дорог на основе ФЗ № 384-ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений». Создание системы добровольной сертификации по оценке степени риска и степени причинения ущерба. Создание системы добровольной сертификации испытательных лабораторий (центров) Согласование методологических подходов технического регулирования и систем менеджмента качества
6	Методика испытаний	Наработка на отказ по методам испытаний на надежность	Исследование и оценка степени риска	Исследование и оценка степени риска по законам распределения опасных параметров	Исследование и оценка степени параметрического риска
7	Результат	Увеличение срока службы	Снижение риска причинения ущерба	Управление риском возникновения ДТП. Управление риском (темпом) нарушения дорожной одежды и оценка срока службы конструкции	Риск не достижения требуемого срока службы автомобильной дороги (дорожной одежды) снижение риска не достижения требуемого срока службы



Окончание табл. 1.4.1

1	2	3	4	5	6
8	Гармонизация законодательства о безопасности объектов промышленности и объектов энергетических систем и систем технического регулирования	Федеральный закон № 116-ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» от 21.07.1997 (с последующими изменениями)	Федеральный закон № 257-ФЗ «Об автомобильных дорогах и о дорожной деятельности в Российской Федерации» от 8.11.2007 г. Федеральный закон №123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» от 2.07. 2008 г. Федеральный закон № 384-ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений» от 30.12. 2009 г.	Разработка универсальных математических и вычислительных процедур оценки соответствия на основе теории риска. Управление риском при проектировании (включая изыскания), строительстве и эксплуатации автомобильных дорог и пропускных сооружений на них. Стандарты организаций	Методические рекомендации по оценке риска и коэффициента вариации для разных уровней ответственности. Стандарты организаций
9	Методы идентификации	В рамках отдельных законов и стандартов	По Федеральному закону № 384-ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений», Федеральный закон № 257-ФЗ «Об автомобильных дорогах...» от 8.11.2007 г.	Разработка универсальных математических и вычислительных процедур идентификации. Стандарты организации	По уровню ответственности, По принадлежности к объектам и факторам-опасностей риска

Рассматривают аспекты безопасности: предназначенное использование; возможное предсказуемое неправильное использование; способность к действию при ожидаемых условиях использования; совместимость с окружающей средой; эргономические факторы; безотказность; ремонтнопригодность и удобство обслуживания; долговечность; возможность утилизации; специальные потребности пользователей продукции, процесса или услуги, например детей, пожилых людей, групп людей с ограниченными возможностями. Следует подчеркнуть, что вопросы ремонтнопригодности и долговечности (срока службы) стандартом рассматриваются как аспекты безопасности.

Можно отметить методическую близость законов Российской Федерации и Республики Казахстан, в которых основным принципом технического регулирования объявлена разработка технических регламентов с учетом оценки степени риска и степени причиняемого ущерба.

Для оценки степени риска органами стандартизации Российской Федерации использована группа стандартов по управлению риском:

IEC 60300-2 (2004-03) Ed.2.0 «Dependability management – Part 2: Guidelines for dependability management». «Менеджмент надежности – Часть 2: Руководящие указания по управлению надежностью».

IEC 60300-3-9 (1995-12) Ed.1.0 «Dependability management – Part 3: Application guide – Section 9: Risk analysis of technological systems». «Менеджмент надежности – Часть 3: Руководство по применению – Раздел 9: Анализ риска технологических систем».

IEC 62198 (2001-04) Ed.1.0 «Project risk management – Application guidelines». «Менеджмент риска проекта – Руководящие указания по применению».

Основные положения данных документов использованы в группе отечественных стандартов, аутентично переведенных на русский язык в Российской Федерации [80, 153, 155, 156, 172–184] и отражающих современный практический опыт, накопленный в области выбора и применения методов анализа риска.

Риск можно устанавливать статистическими методами – на основе обработки натуральных данных, можно определять с использованием той же статистики по формулам теории риска, основанным на анализе законов распределения изучаемых параметров. При этом риск устанавливают отдельно: для проектных условий, с обоснованными допусками на отклонение проектных параметров, и для объектов, находящихся в фактических условиях эксплуатации сооружения, с фактическими отклонениями анализируемых параметров. Требования к техническим регламентам, а значит, и ко всем группам документов по уровню безопасности (по уровню допустимого риска) будут зависеть только от того, в начале жизненного цикла находится транспортное сооружение (обеспечение безопасности при про-

ектировании, строительстве или реконструкции сооружения) или данный объект уже существует (обеспечение безопасности при его эксплуатации).

В Саратовском государственном техническом университете на кафедре «Транспортное строительство» с 1985 года ведется разработка математических и экономико-математических моделей оценки риска причинения вреда человеку, имуществу и окружающей среде в различных дорожных условиях с учетом скорости движения автомобилей. Под руководством профессора Столярова В.В., разработавшего теоретико-вероятностный подход, основанный на теории риска, создан ряд моделей (методик) оценки риска.

Профессором Столяровым В.В. подготовлены проекты трех альтернативных (относительно документов Таможенного Союза и Федерального дорожного агентства) технических регламентов по проектированию, строительству и эксплуатации автомобильных дорог соответственно.

Первый документ под заголовком «Технический регламент. Проектирование автомобильных дорог (Альтернативный проект)» к настоящему времени полностью опубликован в журналах № 1-5 за 2010 год «Дороги. Инновации в строительстве», г. Санкт-Петербург [55-58] и № 6 и 9 за 2011 год [59, 60].

Второй технический регламент «Оценка качества строительства вновь построенных и реконструированных автомобильных дорог по величине допустимого риска причинения пользователям (участникам движения)» опубликован на официальном сайте журнала «Мир дорог» [www.mirpress.ru](http://www.mirpress.ru) в рубрике «Новости компаний». Условие доступа: [http://sudak.ru/index.php?option=com\\_content&view=article&id=58:2012-04-19-06-50-39&catid=53:2012-01-08-16-53-06&Itemid=37](http://sudak.ru/index.php?option=com_content&view=article&id=58:2012-04-19-06-50-39&catid=53:2012-01-08-16-53-06&Itemid=37).

Данные технические регламенты реализуют новый принцип проектирования, когда сравнивают между собой не проектные решения с типовыми решениями, изложенными в национальном стандарте, а сравнению подлежат риски, допущенные в проекте, и допустимые риски, которые обоснованы в Техническом регламенте.

Таким образом, совершенствование методов оценки технических и экологических рисков заключается в решении ряда задач, например, таких, как:

- ✓ гармонизация старой и новой системы технического регулирования;
- ✓ разработка метода классификации автомобильных дорог на основе Федерального закона «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений»[67];
- ✓ создание системы добровольной сертификации по оценке степени риска и степени причинения ущерба;
- ✓ создание системы добровольной сертификации испытательных лабораторий (центров);
- ✓ согласование методологических подходов технического регулирования и систем качества.

В вопросах гармонизации старой и новой системы технического регулирования необходимо гармонизировать законодательство по безопасности опасных производственных объектов с системой технического регулирования. В 1997 году был принят Федеральный закон № 116-ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» [68] от 21.07.1997 (с последующими изменениями), который необходимо считать в настоящее время базовым применительно к дорожному хозяйству. Обосновано это тем, что автомобильную дорогу следует отнести к опасному производственному объекту, на котором транспортируют опасные вещества. С учетом принятых после 2002 года Федеральных законов «Об автомобильных дорогах и о дорожной деятельности в Российской Федерации», «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности», «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений», необходимо разрабатывать методические рекомендации по оценке риска и коэффициента вариации для уровней ответственности.

Учитывая основные положения федеральных законов [1, 15, 67], д.т.н. Кокодеева Н.Е. предложила разработать базовую классификацию автомобильных дорог по степени ответственности, не противоречащую действующему законодательству в Российской Федерации.

Данная работа выполнялась с учетом:

✓ уровней ответственности и коэффициентов надежности по ответственности (в соответствии с Федеральным законом «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений» [67]);

✓ требуемых минимальных коэффициентов прочности при заданных уровнях надежности для дорожных одежд нежесткого типа (в соответствии с ОДН 218.046-01 [71]);

✓ недопустимого риска и коэффициента вариации качества автомобильной дороги (в соответствии с [1] и [15]).

Таким образом, на основе выполненного анализа литературных источников по вопросам исследований можно сделать следующие выводы:

1. Действующий с 1 июля 2003 г. на территории России Федеральный закон «О техническом регулировании» определил необходимость реформирования, становления и совершенствования существующей системы технического нормирования в свете требований ВТО, Нового и Глобального подходов, реализуемых в рамках Европейского Союза в техническом регулировании, правил и рекомендаций общепризнанных международных организаций.

2. В Российской Федерации основными обязательными нормативными документами в системе технического регулирования до 2002 г. выступали законодательные акты ГОСТ, ОСТ, ВСН, ТУ, СНИП, ОДН.

3. В настоящее время на территории Российской Федерации утвержден ряд федеральных законов в виде обязательных технических регламентов, а

также национальные стандарты и своды правил, которыми следует руководствоваться, в том числе в области дорожной деятельности.

4. Идея изменения принципов технического регулирования заключается в отходе от превалирующего удовлетворения интересов собственников объектов и сооружений через аппарат теории надежности с учетом возможности взаимной компенсации влияющих факторов к более полному удовлетворению потребностей их пользователей через аппарат теории риска и регулирование по независимым факторам-опасностям.

5. Основной задачей в системе технического регулирования до 2002 года являлось обеспечение высоких потребительских свойств автомобильных дорог, через которые дорожная деятельность вносила свой вклад в технико-экономические показатели работы автотранспорта, в развитие страны.

6. С момента вступления в силу Федерального закона «О техническом регулировании» [1] установленной задачей технического регулирования является обеспечение минимального уровня безопасности потребителя и технического объекта.

7. В дорожном хозяйстве до принятия Федерального закона «О техническом регулировании» [1] в качестве оценки транспортно-эксплуатационного состояния автомобильной дороги выступала комплексная надежность. В результате утверждения Федерального закона «О техническом регулировании» [1] параметры надежности отнесены к задачам ремонтпригодности и в качестве инструмента принята оценка степени риска и степени причинения ущерба.

8. В дорожной деятельности в системе технического регулирования до 2002 года в качестве ожидаемого результата было увеличение срока службы транспортного сооружения. После принятия Федерального закона «О техническом регулировании» [1] результат направлен на снижение риска причинения ущерба, в том числе риска недостижения требуемого срока службы [22, 29, 47, 50, 87, 89, 91, 95].

9. Основные положения Федерального закона «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений» [67] должны быть, по определению автомобильной дороги как линейного сооружения, применимы и в области дорожной деятельности.

10. В принятых документах на государственном уровне (технических регламентах и национальных стандартах), правила и процедура оценки степени технического и экологического риска в основном не прописаны.

В связи с этим предлагаемые в данной книге разработки направлены на совершенствование и отраслевую реализацию методов нормирования, оценки и управления техническими и экологическими рисками в техническом регулировании дорожной деятельности.

## 1.5. О работе экспертов после реформирования нормативной базы в трёхуровневую систему технического регулирования

В соответствии с требованиями Федерального закона «О техническом регулировании» [1], как уже было показано, в Российской Федерации осуществляется процесс реформирования нормативной базы отраслей народного хозяйства в трёхуровневую систему технического регулирования, включающую технические регламенты, национальные стандарты и стандарты организаций. Этот процесс в дорожной отрасли проходит весьма болезненно, так как эксперты, занимающиеся экспертизой новых проектов, сравнивали многие десятилетия проектные решения с нормативными решениями и требованиями, изложенными в национальных стандартах, строительных нормах и правилах, отраслевых нормативных документах и других рекомендательных актах дорожной отрасли. А в соответствии с Федеральным законом №184-ФЗ «О техническом регулировании» национальные стандарты и своды правил (в которых излагаются основные требования строительных норм и правил, отраслевых нормативных документов и других рекомендательных актов) могут использоваться проектными организациями на добровольной основе. Невзирая на это, эксперты продолжают использовать нормативные документы как обязательные при сравнении описанных в них типовых решений с принятыми в проектах разработками [32, 35]. А Департамент государственной политики в области дорожного хозяйства Минтранса РФ и Федеральное дорожное агентство «Росавтодор» не решаются перевести дорожную отрасль на оценку соответствия безопасности дорожной продукции требованиям технических регламентов по риску причинения вреда пользователям – водителям, пассажирам, пешеходам и перевозчикам.

Именно из-за отказа от оценок риска в создаваемых сейчас технических регламентах эксперты, рассматривающие проекты автомобильных дорог, приходят к решениям, не пропускающим инновационные разработки, ссылаясь на то, что в технических регламентах и действующих нормативных документах отсутствуют предлагаемые решения (рис.1.5.1,а).

Технические регламенты трёхуровневой системы технического регулирования обязаны реализовывать новый принцип развития общественных отношений, когда сравнивают между собой не реализованные проектировщиком решения с типовыми решениями, изложенными в Национальном стандарте. **Сравнению должны подлежать риски**, допущенные проектировщиками (а затем и строителями при переносе проектов в натуру), с **допустимыми рисками**, которые обоснованы в Техническом регламенте и конкретизированы в проекте автомобильной дороги (рис.1.5.1,б).

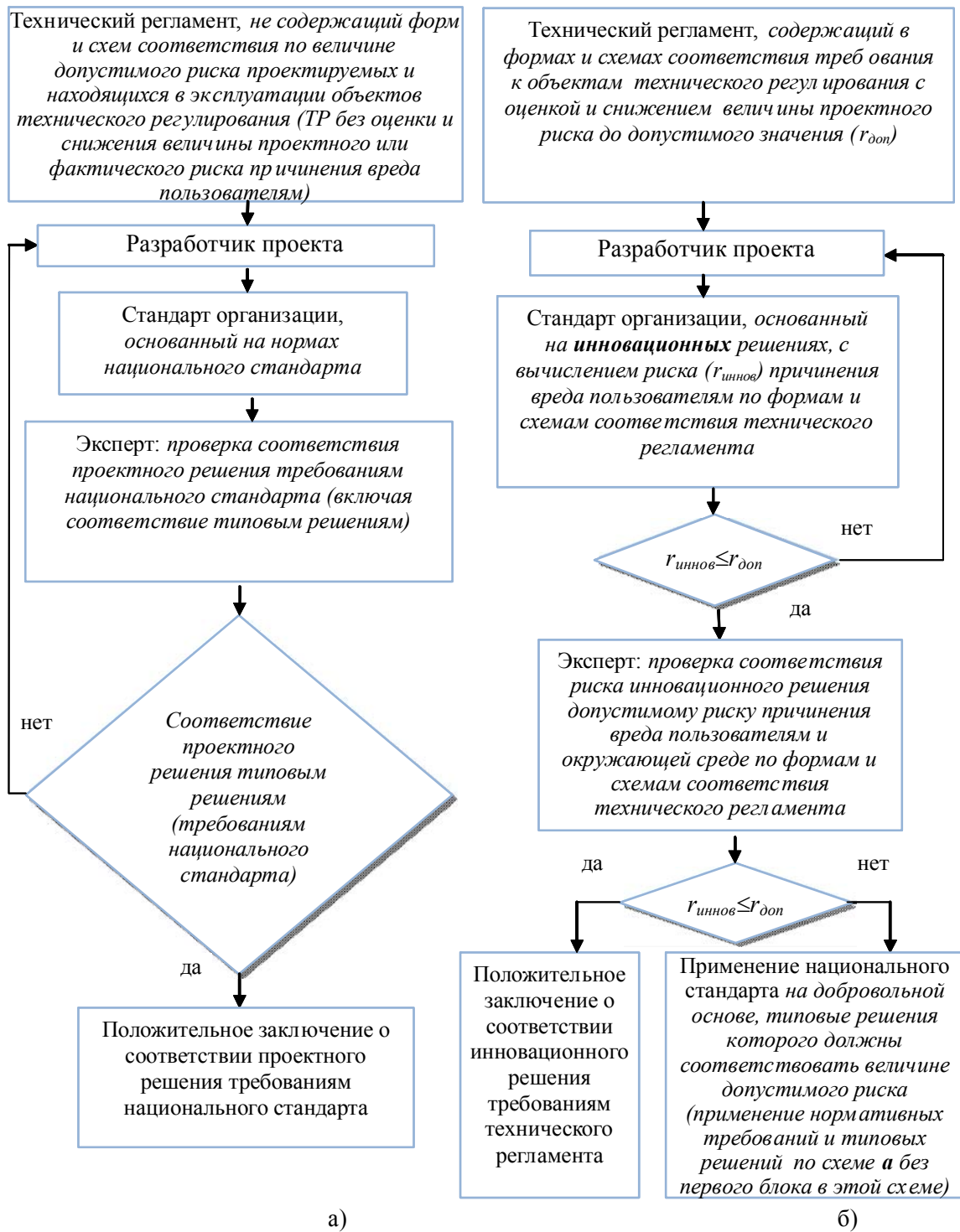


Рис. 1.5.1. Два варианта реализации блок-схемы трехуровневой системы технического регулирования:

- а – без учета оценки риска причинения вреда пользователям (при формально созданном техническом регламенте);
- б – с учетом оценки риска причинения вреда пользователям (в соответствии с ФЗ № 184-ФЗ и ГОСТ Р 51 898-2002)

Если риски, допущенные при проектировании (а затем и при строительстве) автомобильных дорог и сооружений на них, меньше или равны рискам, которые обоснованы в техническом регламенте, то наличие типового решения в нормативном документе не является для эксперта препятствием к утверждению новых решений и применению их в строительстве. Таким образом, национальные стандарты должны определять «уровень», опускаться ниже которого недопустимо, а не устанавливать «уровень» превышение которого не позволено (экспертами). Именно техническую грамотность оценок риска должны проверять эксперты при анализе новых проектных решений, отсутствующих в нормативе.

При таком подходе, национальные стандарты и своды правил будут применяться в проектировании и строительстве, несмотря на их «добровольность», так как новые решения можно применять только тогда, когда проектировщик даст оценку соответствия предлагаемой разработке, а эксперт признает эту оценку правильной и выполненной по методике, описанной в техническом регламенте. Кроме того, эксперт должен убедиться, что установленная в проекте величина риска не превышает допустимое значение риска, указанное в регламенте.

Главное условие реализации Федерального закона «О техническом регулировании» – оценка соответствия должна выполняться **только на основе сравнения риска причинения вреда пользователям с допустимым риском**, который должен быть прописан в техническом регламенте. Об этом говорится в основополагающем ГОСТ Р 51 898–2002 «Аспекты безопасности. Правила включения в стандарты». **Эксперт проверяет оценку риска** и выдаёт положительное заключение, если расчёты риска, выполненные проектировщиком, отвечают формам и схемам соответствия технического регламента, а величина риска соответствует допустимому значению. В противном случае, когда любое ноу-хау не подтверждено оценкой соответствия по прописанным в техническом регламенте формам и схемам или риск превышает допустимое значение, **применяются решения национального стандарта (и сводов правил)**. Именно за соблюдением требований технического регламента о допустимом риске потребителя (и другими показателями продукции, не связанными с риском потребления) должны следить эксперты, а не за обязательным использованием типовых решений, изложенных в национальных стандартах и сводах правил, как это делали они всегда.

Без такого подхода (без реализации нового принципа общественных отношений между пользователями и производителями продукции дорожной отрасли) нормативная база по проектированию и строительству дорог России будет препятствовать применению (внедрению) инноваций в дорожное строительство, а любая редакция технического регламента, составленная без оценок риска, не даст должного эффекта.



Следует отметить, что со временем нормируемые величины и типовые решения в новых национальных стандартах (и в сводах правил), а также в международных стандартах Таможенного союза и/или евро-азиатского экономического содружества (ЕврАзЭС) тоже должны быть определены и разработаны по величине допустимого риска с применением форм и схем соответствия технического регламента.

Но в соответствии с Законом «О техническом регулировании» применение типовых нормативных решений не будет обязательным (эти решения можно будет применять на добровольной основе). Добровольность применения национальных и международных стандартов при реализации нового принципа общественных отношений очевидна. Если обоснованные в новой продукции риски, допущенные при её разработке, производстве и дальнейшей эксплуатации, меньше или равны рискам, которым соответствуют решения отраслевого стандарта, и в первую очередь меньше или равны допустимым рискам технического регламента, то наличие типовых решений не является для эксперта препятствием к положительному заключению при согласовании нововведения. Таким образом, национальные и международные стандарты будут определять «уровень», опускаться ниже которого недопустимо, а не устанавливать «уровень», превышение которого не позволено экспертами.

При таком подходе к техническому регулированию предела совершенства нет, образно говоря, «пол» есть, но «потолка» для творческих решений не существует, а международные и национальные стандарты (и своды правил), меняющиеся через 5–10 и более лет, не являются преградой для нововведений, и исполняют роль нижнего предела совершенства, ниже которого опускаться нельзя.

Добровольность применения национальных стандартов и сводов правил не есть отказ от их применения, но только в том случае, когда технический регламент будет содержать формы и схемы соответствия, основанные на оценках риска (рис.1.5.1,б).

В противном случае, когда любое ноу-хау, как бы оно ни было заманчиво, не подтверждено оценкой соответствия по прописанным в техническом регламенте формам и схемам, или риск превышает допустимое значение, **применяются решения национального стандарта и сводов правил (или международного стандарта для Таможенного союза и ЕврАзЭС).** Ещё раз отметим, что в основном будут применяться практически во всех отраслях народного хозяйства национальные стандарты и своды правил, так как инновации, как правило, не встречаются во всех реализуемых проектах, для этого их нужно уметь создавать. Но как только такое нововведение появится, проектировщик (или разработчик инновационного решения) по схемам и формам соответствия, прописанным в техническом регламенте, показывает вероятностную величину риска причинения вреда пользователям, и в случае, если эта величина риска

меньше допустимой в техническом регламенте, эксперт подписывает акт согласования для данного проекта. В первое время таких проектов во всех отраслях будет не более 10–20% в год, а остальные будут, к сожалению, соответствовать национальным стандартам, международным стандартам и сводам правил, которые применяются на добровольной основе. Издавать своды правил необходимо. Утверждать своды правил и национальные стандарты как обязательные к применению – значит ничего не понимать в техническом регулировании или перестраховываться, тормозя технический прогресс и противореча действующему Закону «О техническом регулировании».

Чтобы понять, что утрачено, а что приобретено, надо понять процессы, протекающие в последнее 10-летие в техническом регулировании как минимум трёх государств: Республики Беларусь, Республики Казахстан и Российской Федерации. Для целей формирования единого экономического пространства главы названных государств подписали «Соглашение о единых принципах и правилах технического регулирования Республики Беларусь, Республики Казахстан и Российской Федерации». Было принято решение и идёт формирование Таможенного союза. К настоящему времени установлено запланированное президентами трёх стран единое для названных государств экономическое пространство. Однако основное требование Закона о техническом регулировании – оценка безопасности продукции на основе риска причинения вреда – из технических регламентов почти всех отраслей Таможенного союза опускается. В связи с этим в технические регламенты Таможенного союза спешно переносятся наилучшие нормативные параметры, технические и технологические решения, которые изложены в национальных нормативных документах трёх стран. Для чего это делать в техническом регламенте? Для того, чтобы создать очередной тормоз техническому прогрессу уже на более высоком уровне технического регулирования?! Получается, с чем боролись, на то и напоролись, только «грабли» перенесли с одного уровня на другой.

В техническом регламенте не должно быть никаких нормативных параметров, конструктивных, технических и технологических решений. Должны быть допустимые (приемлемые в данной отрасли) риски, формы и схемы соответствия, основанные на оценках риска любых параметров, конструкций, технических и технологических решений всех объектов (всей продукции) данной отрасли. Кто применяет существующие решения, тот пользуется национальными или международными стандартами или сводами правил данной отрасли. Те, кто внедряют инновационные решения, оценивают их по риску причинения вреда пользователям по формам и схемам соответствия технического регламента и предъявляет эксперту свою продукцию. А эксперт проверяет правильность выполненной оценки, применяя предложенные параметры, разработки, конструктивные решения, технические и технологические особенности продукции в формах и

схемах соответствия технического регламента. Формы и схемы соответствия покажут, насколько правы производители продукции и не пытаются ли они обмануть потребителя (ввести его в заблуждение).

Теперь следует ответить на основные сомнения оппонентов этого подхода. В первую очередь остановимся на понятии **о минимально необходимых требованиях к безопасности продукции**, применяемом в Федеральном законе «О техническом регулировании». Вспомним для этого, что Федеральный закон не отменяет национальные стандарты и своды правил, а переводит их в статус добровольного применения. Как уже отмечалось, эти документы становятся, образно говоря, «полом», ниже которого опускаться нельзя. Запрещают это делать достигнутый на сегодняшний день уровень безопасности продукции данной отрасли и основные показатели технического регламента: процедуры оценки риска и процедуры оценки соответствия риска допустимому риску [55–60]. Принятый в техническом регламенте допустимый риск равен приемлемому риску, представленному в национальном или международном стандарте, или заново обосновывается и принимается в техническом регламенте как допустимый риск, если в стандартах данной отрасли его не было. Именно этот риск обеспечивает **минимально необходимые требования к безопасности продукции**. Именно об этом риске говорится в законе «О техническом регулировании», когда применяют понятие «минимально необходимые требования к безопасности продукции».

Поэтому в основе технических регламентов в области дорожной деятельности должно лежать понятие о **допустимом риске причинения вреда пользователям автомобильных дорог** – водителям, пассажирам, пешеходам, перевозчикам – при возникновении дорожно-транспортных происшествий по причине несовершенства геометрических параметров и транспортно-эксплуатационных показателей существующих дорог (см. табл. 1.5.1 и 1.5.2).

Существующие автомобильные дороги строились в зависимости от периода эксплуатации по разным нормативам: техническим условиям Гушосдора (1939–1954 гг.); НИТУ 128-55 (1955–62); СНиП II-Д. 5-62 (1963–73); СНиП II-Д. 5-72 (1974–86); СНиП 2. 05. 02-85 (1987–2000) и по действующим сейчас ГОСТам. Неблагоприятные дорожные условия на существующих дорогах вызваны как разными требованиями (в перечисленных нормативных документах) к геометрическим параметрам дорог, так и низким качеством их строительства. Последняя причина связана с отсутствием в дорожных нормативных документах требований к допускам на **среднеквадратические отклонения** радиусов кривых в плане и продольном профиле, ширины покрытий и ширины обочин (есть только допустимые и предельные отклонения), что снимает со строителей ответственность при некачественном исполнении геометрических элементов.

Для правильной работы экспертов необходимо реализовать в техническом регламенте следующие **рекомендации**:

- отразить в техническом регламенте допустимый в проектах автомобильных дорог риск возникновения ДТП, вызванный несовершенством дорожных условий. Значение этого риска обосновано технико-экономическими показателями и представлено в табл. 1.5.1;

- при строительстве новых автомобильных дорог и при реконструкции существующих дорог значение допустимого риска, установленного для проектирования дорог (см. табл. 1.5.1), не должно быть превышено, то есть качество строительства современных автомобильных дорог должно обеспечивать требуемый уровень безопасности;

- отразить в техническом регламенте допустимый риск возникновения ДТП на существующих автомобильных дорогах, которые были построены и находились в эксплуатации до утверждения данного документа (технического регламента). Значения этого риска для существующих двухполосных и многополосных автомобильных дорог установлены на основе технико-экономических показателей и представлены в табл. 1.5.2;

- представить в техническом регламенте математические модели форм и схем соответствия рисков причинения вреда пользователям автомобильных дорог допустимым рискам возникновения ДТП (см. табл. 1.5.1 и табл. 1.5.2). Математическими моделями форм и схем соответствия обязаны руководствоваться проектировщики дорог (при проектировании), эксперты (при согласовании проекта), заказчики и подрядчики (при строительстве и приёмке автомобильных дорог в эксплуатацию). На существующих автомобильных дорогах (включая и дороги, построенные до утверждения технического регламента) математическими моделями форм и схем соответствия должны руководствоваться дорожные организации и службы ГИБДД, отвечающие за безопасность движения при эксплуатации автомобильных дорог;

- представить в техническом регламенте (в материалах схем и форм оценки соответствия) математические модели определения допусков на среднеквадратические отклонения основных геометрических параметров автомобильных дорог: радиусов выпуклых и вогнутых кривых продольного профиля; радиусов кривых в плане; ширины покрытия двухполосных и многополосных дорог и ширины обочин. При приёмке дорог в эксплуатацию сверять фактические значения среднеквадратических отклонений с допусками на эти отклонения;

- представить в техническом регламенте математические модели по определению обеспеченной скорости на знаках 3.24, при которой риск возникновения ДТП на опасном участке существующей дороги будет равен допустимому риску (см. табл. 1.5.2);

Т а б л и ц а 1.5.1

Допустимые значения риска возникновения ДТП  
в проектах автомобильных дорог  
(при движении автомобилей с расчётными скоростями)

Наименование допустимого риска на любом участке проектируемой автомобильной дороги	Величины допустимого риска возникновения ДТП на любом участке проектируемой дороги:	
	двухполосной	многополосной
Частное значение допустимого риска	$1 \cdot 10^{-4}$	$1 \cdot 10^{-4}$
Суммарное значение допустимого риска	$8 \cdot 10^{-4}$	$8 \cdot 10^{-4}$

Т а б л и ц а 1.5.2

Допустимые значения риска возникновения ДТП  
на всех участках находящихся в эксплуатации автомобильных дорог  
(при установленной на знаках 3.24 допустимой скорости движения)

Наименование допустимого риска на участке существующей автомобильной дороги, построенной до принятия Технического регламента	Величины допустимого риска возникновения ДТП на любом участке существующей дороги:	
	двухполосной	многополосной
Частное значение допустимого риска	$5 \cdot 10^{-4}$	$1 \cdot 10^{-4}$
Суммарное значение допустимого риска	$1 \cdot 10^{-3}$	$8 \cdot 10^{-4}$

• представить в техническом регламенте математические модели и практические рекомендации по капитальному ремонту (усилению) и частичной реконструкции опасного участка дороги в случае, когда без строительных работ обеспеченная скорость, соответствующая допустимому риску возникновения ДТП, будет ниже эффективной скорости. В результате капитального ремонта (усиления) конструкции на автомобильной дороге должно быть обеспечено снижение риска возникновения ДТП до допустимого риска, представленного в табл. 1.5.2. В результате частичной реконструкции опасного участка автомобильной дороги должно быть обеспечено снижение риска возникновения ДТП до допустимого риска, представленного в табл. 1.5.1.

Только в таком случае эксперты будут работать правильно, а технический регламент будет работоспособен и обеспечит повышение безопасности движения на автомобильных дорогах с предоставлением возможности сочетания нормативных требований и инновационных решений при проектировании, строительстве и эксплуатации автомобильных дорог.

Более 25 лет существует и развивается в Российской Федерации вероятностный подход к оценке прочности и устойчивости транспортных сооружений, опасности дорожных условий и дорожно-транспортных ситуаций, основанный на теории риска.

В отличие от широко применяемых детерминированных методов оценки безопасности автомобильных дорог, теоретико-вероятностный метод,

основанный на оценке риска возникновения дорожно-транспортных происшествий (ДТП), учитывает как величину геометрического параметра, так и среднеквадратическое отклонение этого параметра от среднего или проектного значения, то есть учитывает качество строительства геометрического элемента на участке дороги. При этом оценка качества строительства геометрического элемента на участке дороги может быть выполнена при любой скорости движения автомобиля, например: как при расчётной скорости, так и при скорости, допускаемой правилами дорожного движения на данном геометрическом элементе или участке дороги, построенном (перенесённом в натуру) с фактическим среднеквадратическим отклонением параметра. Оценка риска возникновения ДТП в данном методе достаточно разносторонне развита, так как охватывает оценку безопасности движения транспортных средств при любом уровне загрузки дороги движением (от одиночно движущихся автомобилей до движения плотного транспортного потока). Так, например, анализируя риск наезда сзади на впереди идущий автомобиль, по формулам теории риска устанавливают фактическую опасность интервалов между транспортными средствами при их движении в пачках (группах) и плотных транспортных потоках. А анализируя опасность разъезда или опережения автомобилей, по математическим моделям теории риска устанавливают требуемую ширину покрытия (включающую ширину полос движения и краевых полос на обочинах или на обочине и разделительной полосе) при заданных скоростях движения транспортных средств или получают допустимые скорости движения на фактической ширине покрытия. При этом в оценке риска столкновения автомобилей учитывается качество строительства всех элементов автомобильной дороги (учитывается, как фактическое значение параметра, так и его среднеквадратическое отклонение). В этой теории, разработанной для дорожной отрасли, перечислим математические модели, которые важно использовать в техническом регламенте в виде форм и схем соответствия (звёздочкой помечены математические модели, разработанные совместно автором и его учениками):

- оценка риска потери видимости покрытия и препятствий на выпуклых и вогнутых кривых продольного профиля (в светлое и тёмное время суток);

- оценка риска потери видимости дороги на кривых в плане при наличии препятствий с внутренней стороны закругления;

- оценка риска потери видимости встречного автомобиля на двухполосной дороге;

- оценка риска потери устойчивости автомобиля на кривой в плане при некачественном и качественном строительстве закруглений;

- оценка риска столкновения транспортных средств, при разъезде на двухполосной дороге;

- оценка риска при опережении со сменой полос движения на многополосных автомагистралях [146]\*;
- оценка риска наезда автомобиля на транспортное средство, остановленное на обочине при качественном и некачественном строительстве обочин, и при наличии и отсутствии ограждений;
- оценки рисков поломки ходовых частей автомобиля, ухудшения состояния водителя и пассажиров на неровных покрытиях [138]\*;
- оценка суммарного риска возникновения ДТП на участке дороги по причине несовершенства дорожных условий;
- оценка перечисленных рисков с учётом ухудшения состояния покрытия под влиянием погодных-климатических факторов;
- оценка риска наезда автомобиля сзади на впереди идущий автомобиль при всех уровнях удобства движения (уровнях обслуживания);
- оценка тяжести ущерба по причине несовершенства дорожных условий при возникновении ДТП с гибелью, ранением, увечьем людей, порчей или утратой имущества любой формы собственности;
- оценка риска возникновения ДТП при различных длинах разметки, запрещающей обгон (1.1 и 1.11) [145]\*;
- оценка риска поломки ходовых частей при попадании колеса (колёс) автомобиля в выбоину и оценка допустимой скорости движения автомобилей в зависимости от параметров выбоин;
- оценка риска (темпа) разрушения дорожной одежды нежесткого типа и срока службы конструкции при проектировании и эксплуатации автомобильных дорог [140]\*;
- оценка риска нарушения сплошности (образования трещин) монолитных слоёв дорожной одежды при изгибе при проектировании и эксплуатации [140, 141]\* автомобильных дорог;
- оценка риска сдвига в несвязных слоях земляного полотна и дорожной одежды при проектировании и эксплуатации автомобильных дорог;
- оценка риска обрушения откосов высоких насыпей и глубоких выемок земляного полотна при проектировании автомобильных дорог;
- оценка риска потери устойчивости опор мостового перехода во время паводка или половодья;
- оценка риска пучинообразования и предупреждения деформаций при промерзании дорожных конструкций [149]\*;
- оценка риска возникновения ДТП при эксплуатации автомобильных дорог [143]\*;
- оценка риска превышения расчётного расхода ещё большим расходом во время паводка или половодья при проектировании мостовых переходов [151]\*;
- оценка риска непреодоления затяжных подъёмов автомобилями с заданным перепадом скоростей [135]\*;

- оценки рисков возникновения ДТП при проектировании основных геометрических элементов городских дорог и улиц [139]\*;
- оценка риска ошибочного назначения категории дороги или риска перехода дороги в другую категорию [150]\*;
- оценка риска потери информации как обобщённой характеристики водителя при проектировании и эксплуатации автомобильных дорог [152]\*;
- оценка риска глиссирования автомобилей при проектировании и эксплуатации автомобильных дорог [144]\*;
- оценка риска солевого загрязнения придорожной местности при зимнем содержании автомобильных дорог [136]\*;
- оценка риска причинения вреда человеку продуктами сгорания двигателей автомобилей;
- оценка риска несвоевременного распада битумных эмульсий при строительстве дорожных одежд нежёсткого типа [142]\*;
- оценка риска столкновения автомобилей на пересечениях дорог в разных уровнях [147]\*;
- оценка риска разрушения дорожной конструкции в районах распространения многолетнемёрзлых грунтов [148]\*.

Оценка риска возникновения ДТП в этих моделях осуществляется с учётом скорости движения транспортных средств, а следовательно, эта теория применима как при проектировании дорог, так и для оценки фактического риска движения автомобилей по существующим дорогам. Основным показателем этой теории является риск причинения вреда человеку, имуществу любой формы собственности при возникновении ДТП, при причинении вреда окружающей среде, при нарушении прочности или устойчивости сооружения. Поэтому данный подход к оценке безопасности автомобильных дорог полностью соответствует принципам и требованиям Федерального закона Российской Федерации №184-ФЗ «О техническом регулировании» и будет способствовать успешному применению инновационных решений в проектах автомобильных дорог.



## 2. СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ ПРИНЦИПОВ ТЕХНИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ ДЛЯ ОБЪЕКТОВ ДОРОЖНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ НА ОСНОВЕ ОЦЕНКИ И РАСЧЕТА ТЕХНИЧЕСКОГО И ЭКОЛОГИЧЕСКОГО РИСКОВ

### 2.1. Обоснование цели и выбор задач исследования с учетом фундаментальных подходов к анализу проблемы применения технического регулирования в области дорожной деятельности

Автомобильную дорогу следует относить к сооружениям с повышенным уровнем ответственности, отказы которых могут привести к тяжёлым экономическим, социальным и экологическим последствиям. Для таких объектов анализ рисков обязателен.

В Федеральном законе «О техническом регулировании» [1] под **риском** понимается вероятность причинения вреда жизни или здоровью граждан, имуществу физических или юридических лиц, государственному или муниципальному имуществу, окружающей среде, жизни или здоровью животных и растений с учетом тяжести этого вреда.

По своей природе риски бывают различными [38, 44, 63, 64, 65, 103]. В целом, риски классифицируют (систематизируют) на основе определенных их признаков. Например, по степени предсказуемости различают предсказуемые и непредсказуемые риски, по степени правомерности совершаемых операций риски подразделяют на правомерные и неправомерные, по уровню принятия решений выделяют народнохозяйственный (макроэкономический) риск и риск на уровне фирмы (микроэкономический). Западные экономисты в основном придерживаются следующего разделения рисков: систематические и несистематические. Хозяйственную деятельность осуществляют различные субъекты, следовательно, можно различать риск юридических лиц и риск физических лиц. С точки зрения длительности во времени риски можно разделить на кратковременные и постоянные. Риски, связанные с периодичностью возникновения, делят на регулярные и нерегулярные.

Известна следующая классификация рисков по причине возникновения ущерба со следующей интерпретацией [20, 21, 27, 41, 43, 66, 123, 125]:

- ✓ технический риск, обусловленный возможными последствиями функционирования технико-экономических систем, а также их нарушениями;

- ✓ экологический риск – вероятность деградации окружающей среды или перехода ее в неустойчивое состояние в результате текущей или планируемой хозяйственной деятельности; возможность потери контроля

над происходящими экологическими событиями. Под допустимым экологическим риском принято понимать приемлемое в существующих общественных отношениях сознательное допущение вероятности причинения вреда окружающей среде;

✓ индивидуальный риск – вероятность (частота возникновения) поражающих воздействий определенного вида (смерть, травма, заболевание) для индивидуума, возникающая при реализации определенных опасностей в определенной точке пространства (где находится индивидуум);

✓ социальный риск – вероятность нежелательных событий (или частота их возникновения) для определённого круга людей, подверженных профессионально или по другим причинам поражающим воздействиям опасного для данной категории загрязнителя определенного вида, как правило, известного для хозяйствующих субъектов;

✓ экономический риск, связанный с экономической активностью хозяйствующего субъекта.

Однако при исследовании рисков следует рассматривать также и их взаимосвязь, выраженную в возможном совместном формировании.

В связи с этим в рамках данной работы будем рассматривать *технические* и *экологические риски* в дорожной деятельности с учетом человеческого фактора и их увязки с социальной сферой.

В области дорожной деятельности используем следующую интерпретацию технического и экологического рисков.

Технический риск, или вероятность, аварийной ситуации представляет собой:

$$r_{\text{тех}} = \frac{T_n}{T_o}, \quad (2.1.1)$$

где  $T_n$  – число отказов или аварий на технических объектах транспортной инфраструктуры конкретного типа (вида, класса) в масштабе страны (данного региона, области, района, отдельной дороги) за период времени  $t$ ;  $T_o$  – общее число технических объектов транспортной инфраструктуры конкретного типа (вида, класса), действовавших в стране (данном регионе, области, районе, на конкретной дороге) в тот же период времени  $t$ .

Экологический риск, или вероятность, истощения природных ресурсов представляет собой:

$$r_{\text{экол}} = \frac{N_n}{N_o}, \quad (2.1.2)$$

где  $N_n$  – количество людей (или живых организмов), пострадавших от воздействия вредного вещества технического объекта транспортной инфраструктуры за период времени  $t$ ;  $N_o$  – общее количество людей (или общее количество живых организмов), проживающих (ежедневно пребы-

вающих) вблизи технического объекта транспортной инфраструктуры за тот же период времени  $t$ .

При исследовании **технического** и **экологического рисков** в дорожной деятельности можно выделить следующие  **типовые признаки основных процедур оценки технических и экологических рисков**:

1) **объект** технического риска – это объекты транспортной инфраструктуры, отдельные конструктивные элементы автомобильной дороги и их неблагоприятные сочетания. К объектам технического риска относятся: элементы трассы, продольного и поперечного профиля; конструктивные элементы пересечений и примыканий, дорожной одежды, земляного полотна, мостовых сооружений, водопропускных труб, сооружений инженерного обустройства и организации дорожного движения; дорожный сервис; тип и эксплуатационное состояние АЗС и т.п.;

2) **объект** экологического риска – это различного рода загрязнения, включая радиацию, шум, засоление почв, деятельность человека и природные катаклизмы и т.п.;

3) **причины (источник) возникновения** технического и экологического рисков на всех стадиях жизненного цикла объекта транспортной инфраструктуры (низкий уровень научно-исследовательских работ, низкое качество (низкая культура) строительства, нарушение правил дорожного движения и правил безопасности производства работ и т.д.);

4) **сопровождающие факторы** технического и экологического рисков (человеческий – ошибочный выбор по критериям безопасности, потеря информации оператором, технологический – недостаточный запас прочности, экономический и т.д.);

5) **последствия** технического риска (ДТП, разрушение основных элементов объекта и т.д.);

6) **последствия** экологического риска (например, авария на АЗС, загрязнение придорожной полосы выбросами двигателя внутреннего сгорания, шумом транспортного потока).

В методологическом плане обеспечение анализа риска представляет собой совокупность методов, методик и программных средств, позволяющих выявить опасность и оценить риск, источником которого выступает технический или экологический объект.

В общем случае методы определения риска с учетом работ авторов [20, 21, 22, 24, 26, 29, 34, 40, 41, 47, 48, 50, 54, 55- 60, 66, 132] разделены на:

- **вероятностные (количественные) методы**, опирающиеся на теорию вероятности, математическую статистику и законы распределения [23, 34, 38, 46, 47, 63, 64, 65] исследуемого опасного фактора;

- **инженерные (качественные) методы** с использованием математической статистики, когда производится расчет частот (как и в вероятностных методах), проводится вероятностный анализ безопасности (с выяв-

лением законов распределения опасного параметра и без них) и построение деревьев опасности [44, 65];

- **модельные методы**, основанные на построении моделей воздействия опасных и вредных факторов на отдельного человека, на профессиональные и социальные группы населения [21, 27, 30, 37];

- **экспертные методы**, включающие определение вероятностей различных событий на основе опроса опытных специалистов-экспертов, например экспертов-аналитиков в методе Монте-Карло [19, 20, 25, 43, 54];

- **социологические методы**, которые основаны на опросе населения.

Оценку риска можно производить как количественным, так и качественным способом.

Как следует из определения понятия «риск» [1, 79, 80, 153, 155], данный показатель относится к вероятностной категории. В связи с этим в работе [134] отмечается, что наиболее адекватный математический аппарат, позволяющий вычислять этот показатель, должен опираться на методы теории вероятности и математической статистики. В работах [19 – 66, 132, 133] показано, что в области дорожного хозяйства вероятностные (количественные) методы определения риска являются основными методами и могут использоваться совместно с другими методами при определении технического, экологического и социального рисков (табл. 2.1.1). Существенно дополняют исследования профессора Столярова В.В. в области расчёта, оценки и управления риском работы его учеников [135, 136, 137, 138, 139, 140, 141, 142, 143, 144, 145, 146, 147, 148, 149, 150, 151, 152].

Т а б л и ц а 2.1.1

Рекомендации по выбору методов анализа риска  
в области дорожного хозяйства

Метод	Вид деятельности				
	Размещение (предпроект- ные работы)	Проекти- рование	Ввод или вывод из эксплуатации	Эксплуа- тация	Рекон- струк- ция
Количественный (вероятностный) анализ риска	++	++	++	++	++
Количественный (вероятностный) анализ опасности и работоспособности (оценка показателей надёжности)	0	++	+	+	+
Качественный анализ видов, последствий и критичности отказов	++	+	0	0	+
Количественный (вероятностный) анализ «деревьев отказов и событий»	+	+	+	0	+

Примечание: 0 – наименее подходящий метод анализа; + — допустимый к применению метод; ++ — наиболее подходящий метод.

Количественный метод оценки риска [40, 41, 43, 46, 47, 48, 50, 54, 55-60, 66] представляет собой процесс оценки численных значений вероятности и последствий нежелательных процессов. При этом риск характеризуют двумя величинами – вероятностью отказа  $r$  и последствиями (ущербом от воздействия опасного фактора)  $A$ , которые в выражении математического ожидания выступают как сомножители:

$$P = r \cdot A. \quad (2.1.3)$$

Такой подход соответствует Федеральному закону РФ №184-ФЗ «О техническом регулировании» [1] и ГОСТ Р 51 898–2002 «Аспекты безопасности. Правила включения в стандарты» [80]. Согласно данным документам термин риск представляет собой сочетание вероятности нанесения ущерба ( $r$ ) и его тяжести ( $A$ ). Величину  $A$  можно установить произведением количества аварий (отказов) в году ( $H$ ) на средневзвешенный ущерб от одной аварии ( $Y$ ):  $A = H \cdot Y$ . Теоретико-вероятностная методика определения параметров  $H$  и  $Y$  описана в работах [48, 60] и показана в разд. 3 данной монографии. Учитывая, что параметр  $A$  устанавливают вероятностным методом, а величина  $r$  является суммарным риском, параметр  $P$ , определяемый по формуле (2.1.3), полностью соответствует как понятию «тяжесть ущерба», так и термину «риск», который должен сочетать, и в данном случае сочетает, вероятность нанесения ущерба и его тяжесть.

Количественные методы анализа опасностей в случае последовательного расположения событий и при наличии ветвей событий реализуются не по формуле (2.1.3), а рассматриваются при анализе череды опасностей как «дерево событий» и «дерево отказов». При оценке риска автор не применяет «анализ дерева неисправностей (отказов)», который изложен в ГОСТ Р 51 901.13–2005 [156], потому что суммируемые в данной работе риски не возникают друг за другом последовательно, а появляются по схеме «или-или».

Кроме того, в данной работе все устанавливаемые риски подлежат снижению до допустимого значения на всех стадиях жизненного цикла объекта: при проектировании, строительстве и эксплуатации транспортного сооружения, как этого требует Закон РФ №184-ФЗ «О техническом регулировании» [1]. Методы снижения риска (управления риском), представленные в монографии, позволяют снижать и суммарный риск на всех участках дороги до допустимого значения.

При желании исследователь или инженер может применить «анализ дерева неисправностей» [156] к событиям и рискам, появляющимся последовательно. Например, рассмотреть следующую систему: «попадание колеса автомобиля в выбоину – риск поломки ходовых частей – риск заноса транспортного средства на встречную полосу или на тротуар – риск столкновения со встречным автомобилем или риск причинения вреда

пешеходам» или другие последовательности, включая разветвляющиеся. Такие задачи рассмотрены в работах [25, 27, 30, 170, 171].

В работе [121] описана вероятностная методика оценки оползневых рисков неустойчивых склонов и откосов земляного полотна. Автор данной работы в процессе разработки комплексного метода оценки и управления оползневым риском предложил следующую последовательность расчёта устойчивости однородного и неоднородного откосов:

1. Методами Монте-Карло и FOMS устанавливают текущие значения физико-механических свойств грунта при заданных средних значениях сцепления, угла внутреннего трения и удельного веса с учётом фактического влагонасыщения грунта.

2. Определяют коэффициент устойчивости в отдельных отсеках склона (откоса). При этом в данной работе анализ устойчивости склона выполнен четырьмя методами (Ordinary, Bishop, Janbu, GLE), в которых по-разному учитывается влияние сил, действующих между отсеками. Последний из методов (GLE) учитывает все условия статического равновесия, включая межотсекое взаимодействие (по исследованиям проф. Мация С.И.). Получают дифференциальную и интегральную функции распределения коэффициентов устойчивости, вероятности обрушения и уровни надёжности.

3. Вычисляют индекс надёжности ( $\beta$ ). Выход требований ГОСТ Р 54257–2010 на индекс надёжности, применяемый с 1994 г. в математических моделях теории риска [47], указывает на сопоставимость результатов расчёта в разных подходах к оценке риска.

4. В случае неоднородных грунтов в предлагаемой [121] последовательности учитывают влияние изменчивости свойств грунтов на величину коэффициента устойчивости неоднородного откоса. Для этого, как правило, вычисляют частные производные [47] от каждого параметра физико-механических свойств – сцепления, угла внутреннего трения и удельного веса – грунта. В данном исследовании [121] это сделано поочерёдным изменением значения коэффициента вариации сцепления, угла внутреннего трения или удельного веса при постоянных величинах коэффициента вариации двух других показателей. Далее автор работы [121] определяет коэффициент устойчивости в отдельных отсеках неоднородного склона (откоса) четырьмя названными выше методами (Ordinary, Bishop, Janbu, GLE). В работе [47] были последовательно взяты частные производные по сцеплению, углу внутреннего трения и удельному весу в формулах удерживающих и сдвигающих сил. В результате получили частные дифференциалы, а затем перешли к общему дифференциалу и от него – к ошибке функции в зависимости от ошибок аргументов [46, 47]. При этом ошибкой функции является среднеквадратическое отклонение коэффициента устойчивости откоса ( $\sigma_{K_{уст}}$ ), ошибками аргументов –

среднеквадратические ошибки сцепления ( $\sigma_c$ ), угла внутреннего трения ( $\sigma_\phi$ ) и удельного веса ( $\sigma_\gamma$ ). Кроме того, в монографии [47] представлены формулы для определения среднеквадратических ошибок удерживающих сил ( $\sigma_{N_{уд}}$ ) и среднеквадратических ошибок сдвигающих сил ( $\sigma_{T_{сдв}}$ ) для записи формул теории риска с использованием эквивалентной квантили подынтегральной функции в виде:

$$u = \beta = \frac{K_{уст} - 1}{\sigma_{K_{уст}}} = \frac{N_{уд} - T_{сдв}}{\sqrt{\sigma_{уд}^2 + \sigma_{сдв}^2}}. \quad (2.1.4)$$

Данный анализ показывает, что к искомому результату можно приходить разными методами, а результаты анализа будут сходиться. Это сравнение лишней раз доказывает, что необходимо использовать вероятностные оценки риска в раскрытиях неопределённостей и, по возможности, избегать качественных методов определения риска (см. табл. 2.1.1), которые на входе могут иметь субъективные показатели.

5. Были разработаны следующие предложения [121]:

- для определения зоны инженерной защиты на стадиях ТЭО – методика зонирования территории;
- при прогнозировании вероятности оползневых смещений – табличные формы и поправочные коэффициенты;
- для диагностики участков трасс – система балльных весовых коэффициентов;
- для оценки риска прилегающих к дороге объектов – методика наименьших потерь.

Показанные в работе [121] методики основаны на объективном анализе строительства и эксплуатации автомобильных дорог на оползневых участках горной местности, что позволяет говорить о разработанных методах повышения эксплуатационной безопасности автомобильных дорог на разных стадиях их жизненного цикла. В ходе обследования установлены объективные причины развития оползневых смещений на придорожных откосах. Все это послужило основой для совершенствования методик оценки и управления оползневым риском с целью снижения вероятности возникновения аварийных ситуаций на автомобильных дорогах. Однако имеется и парадоксальный вывод. В однородном откосе с увеличением коэффициента вариации параметров грунта ( $c$ ,  $\phi$ ,  $\gamma$ ) величина индекса надёжности уменьшается, что и следовало ожидать. Однако в неоднородном откосе с увеличением коэффициентов вариации тех же параметров (при определении коэффициентов устойчивости методами Ordinary и Janbu) величина индекса надёжности увеличивается, что не может происходить. Значит, следовало бы сделать вывод о том, что эти методы расчёта коэффициентов устойчивости в неоднородном откосе не

работают. Возможны и другие выводы после проверки результатов исследования и расчёта.

Количественные методы оценки риска (см. табл. 2.1.1) раскрывают неопределённость ожидаемого результата, так как позволяют определить величину опасного параметра и вероятность (риск) появления этой величины. Если, например, инвестор уже на стадии технико-экономического обоснования будет обладать знаниями о возможных величинах прибыли от инвестиций и о соответствующих этим значениям инвестиций рисках потери капиталовложений, то принятие решения по согласию вложения средств или отказу от инвестиций в данный проект будет в определённой степени обоснованным. Самыми развитыми из количественных методов оценки риска являются методы, основанные на математическом аппарате Монте-Карло [20, 28, 43, 48, 54, 59, 60].

Качественные методы оценки риска не обладают такой же точностью и обоснованностью, как количественные методы, они более просты и значительно дешевле количественных методов, а значит, менее затратны. Рассмотрим алгоритм применения качественных методов оценки риска на примере метода, который используют зарубежные инвесторы со сложным для восприятия названием «Анализ видов, последствий и критичности отказов» (см. табл. 2.1.1). Этот метод применяют в период технико-экономического обоснования или на ранней стадии выполнения проекта по созданию новой, как правило, машиностроительной продукции [134]. Применение этого метода на ранней стадии проектирования конструкции приводит к сокращению сроков проектирования и снижению числа доработок на стадиях проектирования, изготовления и реализации продукции. Такой эффект получают в связи с ранним выявлением и устранением «слабых мест» в проектном решении. Для анализа видов, последствий и критичности отказов создаваемого проекта собирают группу специалистов из разных отделов (подразделений) организации, в которую входят представители главного конструктора или конструкторского отдела, отдела маркетинга и отделов сбыта, обеспечения качества, производственных подразделений. Возглавляет данную группу специалистов разных направлений деятельности модератор, который ставит задачу по расчёту и снижению критичности отказа отдельных узлов новой продукции (конструкции) на основе уменьшения частоты появления дефекта:

- применением в конструкции материалов и узлов, обладающих повышенной надёжностью и прочностью;
- разработкой методов диагностики узлов, позволяющих обнаруживать наличие скрытых дефектов на стадиях конструирования до сборки в производственных подразделениях;
- снижением влияния последствий дефектов на уровень качества продукции и критичность отказов путём выдерживания у продукции допусков и посадок (среднеквадратических отклонений параметров).



Перечисленные и другие разработки рабочей группы приводят к:

- снижению частоты (вероятности) появления дефектов;
- выявлению скрытых дефектов (ожидаемых отказов) узлов конструкции до сборки и эксплуатации продукции;
- уменьшению последствий от отказов отдельных узлов и готовой продукции.

Математическая модель данного метода основана на уменьшении критичности ( $C_i$ )  $i$ -го узла конструкции, определяемой по следующему выражению [134]:

$$C_i = B_{1(i)} + B_{2(i)} + B_{3(i)}, \quad (2.1.5)$$

где  $B_{1(i)}$  – коэффициент для оценки частоты (вероятности) наступления потенциального отказа  $i$ -го узла продукции;  $B_{2(i)}$  – коэффициент для оценки выявления вероятности отказа (дефекта)  $i$ -го узла продукции;  $B_{3(i)}$  – коэффициент для оценки тяжести последствий отказа (дефекта)  $i$ -го узла продукции

Значения этих коэффициентов показаны в табл.2.1.2.

Т а б л и ц а 2.1.2

Значения коэффициентов  $B_1, B_2, B_3$  в формуле (2.1.5)

Характеристика частоты отказа	$B_1$ баллы	Характеристика вероятности выявления отказа	$B_2$ баллы	Последствия отказа	$B_3$ баллы
Очень редкий	1-2	Очень высокая вероятность обнаружения отказа	1-2	Незначительные	1-2
Редкий	3-4	Слабая вероятность не обнаружить отказ	3-4	Существенные	3-4
Возможный	5-6	Умеренная вероятность не обнаружить отказ	5-6	Значительные	5-6
Частый	7-8	Повышенная вероятность не обнаружить отказ	7-8	Критические. Потеря объекта.	7-8
Очень частый	9-10	Очень высокая вероятность не обнаружить отказ	9-10	Катастрофические. Угроза безопасности людей и окружающей среды	9-10

Для анализа критичности принимают:

- предельную величину критичности  $C_{lim}=125$  баллов;
- приемлемую (допустимую) величина критичности  $C_0=60$  баллов.

Тогда:

- ✓ при  $C_i > C_{lim}$  – зона недопустимо высокого риска;
- ✓ при  $C_0 < C_i \leq C_{lim}$  – зона высокого риска;
- ✓ при  $C_i \leq C_0$  – зона приемлемого риска.

Этот метод обладает неоспоримым достоинством – он легко применим и относительно прост. Однако результаты анализа риска являются приблизительными и даже субъективными. Например, приняв  $C_0=80$  баллов, получим другие результаты и выводы.

В ГОСТ Р 53778–2010 «Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния» [117] **риск** рассматривается как вероятностная мера опасности или совокупности опасностей, устанавливаемая для объекта в виде возможных потерь за заданное время и предложена методика количественной оценки риска.

Количественная оценка риска – это отношение числа тех или иных неблагоприятных последствий к их возможному числу за определенный период. При этом разные по своей природе опасности, при их количественной оценке в виде рисков, позволяют:

- определять величину общего (суммарного) риска от воздействия различных факторов;
- выявлять наиболее значимые факторы опасности;
- определять вероятный ущерб как по отдельным факторам, так и по всей их совокупности;
- проводить оптимизацию затрат на снижение уровней рисков от различных факторов опасности в условиях ограниченности ресурсов.

В целом процедура оценки риска предлагается в виде процесса следующих последовательно выполняемых действий:

- идентификации и прогнозирования опасностей;
- оценки уязвимости объекта для этих опасностей;
- установления возможных потерь объекта и его составляющих для всех случаев реализации опасностей с определенной интенсивностью, повторяемостью и длительностью воздействия за заданное время.

Исходными данными для оценки риска являются:

- анализ основных опасностей, характерных для данного объекта, и их различные сочетания;
- анализ характера и условий эксплуатации объекта;
- анализ характеристики используемых на объекте веществ, материалов и продуктов;
- анализ генерального плана, типа конструкции объекта, расположения прочих построек и объектов, способных повлиять на возникновение и развитие аварии;
- сведения об авариях и опасных инцидентах, происходивших ранее на объекте;
- зоны, представляющие повышенную опасность для возникновения взрывов при аварийных ситуациях;
- последствия аварий в виде степени повреждения объекта и ожидаемого числа пострадавших;
- частота, последствия аварий и приемлемый уровень риска;

- зоны индивидуального риска;
  - возможности снижения риска и тяжести последствия аварий.
- Уровень риска сооружения предложено проверять по формуле

$$r \leq r_{\text{доп}}, \quad (2.1.6)$$

где  $r$  – риск нанесения сооружению (объекту транспортной инфраструктуры) ущерба определенного уровня при опасном воздействии данной интенсивности за срок службы объекта;  $r_{\text{доп}}$  – допустимый уровень риска (фоновый уровень для Российской Федерации), который принимается равным  $5 \cdot 10^{-6}$ .

Значение риска ( $r$ ) предложено определять по формуле

$$r = r(H) \cdot r(A/H) \cdot r(T/H) \cdot r(D/H) \cdot C, \quad (2.1.7)$$

где  $r(H)$  – вероятность возникновения опасности;  $r(A/H)$  и  $r(T/H)$  – вероятности встречи опасности с рассматриваемым объектом в пространстве и времени соответственно;  $r(D/H)$  – вероятность нанесения ущерба данного уровня;  $C$  – относительный ущерб (отношение стоимости ущерба к стоимости объекта).

Однако анализ формулы (2.1.6) показывает, что уровень риска будет уже установлен без использования параметра  $C$  в формуле (2.1.7), а именно:

$$r = r(H) \cdot r(A/H) \cdot r(T/H) \cdot r(D/H). \quad (2.1.8)$$

Если полученный по формуле (2.1.8) риск ( $r$ ) умножить на стоимость объекта, то будет определена величина стоимости ущерба. Если же параметр  $r$ , установленный по формуле (2.1.7), умножить на относительный ущерб ( $C$ ), как это предложено в формуле (2.1.7), то получится совсем иной показатель (обозначим  $P$ ), увеличение которого будет вызвано ростом стоимости ущерба.

В работе [121] приводятся данные американских ученых, которые установили индивидуальный риск гибели по различным причинам по отношению ко всему населению США за год: автомобильный транспорт –  $3,0 \cdot 10^{-4}$ , падение –  $9 \cdot 10^{-5}$ , отравление –  $2 \cdot 10^{-5}$  и т.д. Полная безопасность человека не может быть гарантирована независимо от его образа жизни. При уменьшении риска ниже уровня  $10^{-5}$  в год общественность не выражает чрезмерной озабоченности, и поэтому редко предпринимаются специальные меры для снижения степени риска (например, степень риска погибнуть от удара молнии составляет не более  $10^{-5}$ ). Пренебрежимо малым считается риск менее  $10^{-8}$  в год.

В соответствии с терминологией международной шкалы риска, используемой в работах [46, 47, 119], имеется качественное описание уровней риска (табл. 2.1.3).

Приемлемый риск сочетает в себе технические, экологические, социальные аспекты и представляет некоторый компромисс между приемлемым уровнем безопасности и экономическими возможностями его достижения, т.е. можно говорить о снижении индивидуального, технического или экологического риска, но нельзя забывать о том, сколько за это придется заплатить и каким в результате окажется социальный риск.

Т а б л и ц а 2.1.3

Качественные описания уровней риска

№ п/п	Риск $r$	Качественное описание уровня риска
1	$10^{-8}$ и менее	Неощутимый
2	$10^{-7}$	Незначительный
3	$10^{-6}$	В естественных условиях
4	$10^{-5}$	Низкий
5	$10^{-4}$	Умеренный
6	$10^{-3}$	Максимально допустимый
7	$10^{-2}$ и более	Недопустимый

Учитывая, что все контролируемые параметры автомобильных дорог, технологические режимы, параметры эксплуатации, климатические условия являются неоднородными, т.е. результаты измерений перечисленных параметров распределены по какому-либо закону теории вероятности, будет более верным производить оценку риска на вероятностной основе количественным способом, используя теорию риска.

До начала 1960-х годов анализ безопасности в США и других странах основывался на статистических методах [157]. Например, к 1960 г., по данным статистики было установлено, что одна катастрофа приходится в среднем на 1 млн посадок самолётов. Но в этот период термин «анализ риска» отсутствовал, а понятие «надёжность» использовалось только в аэрокосмической и военной промышленности [157]. До 1960г. все усилия для повышения надёжности были сконцентрированы на всестороннем улучшении качества продукции. Прилагательное «надёжный» применялось как синоним прилагательному «качественный». Анализ отказов с помощью «дерева отказов» был разработан Х.А. Уотсоном в 1961–1962 гг. при написании отчёта по анализу системы управления запуском ракеты «Минитмен» по хорошо профинансированному контракту с Военно-воздушными силами США [157]. При этом Уотсон Х.А. применил в отчёте для анализа отказов Булеву алгебру. Это был первый, разработанный к 1962 г. раздел будущей теории надёжности. Первыми публикациями по надёжности, основанными на булевой логике и работах Уотсона Х.А., были доклады, представленные в 1965 г. на симпозиуме по надёжности в университете штата Вашингтон.

Хенли Э.Дж. и Кумамото Х. в монографии «Надёжность технических систем и оценка риска» [157] утверждают, что в технической литературе до 1965 года не было ни одной статьи по теории надёжности. Авторы этой

книги в предисловии отмечают, что в литературе по химической промышленности первые статьи по теории надёжности появились к 1970 году.

В 1977 году вышел первый отчёт по оценке риска «Анализ безопасности реактора WASH-1400», подготовленный Комиссией по атомной энергии США под руководством профессора Н. Расмуссена. В этом отчёте впервые появился термин «риск» как качественная величина опасности, определяемая на основе булевой алгебры (булевой логики). Профессор Н. Расмуссен и руководимая им группа исследователей проанализировали широкий спектр аварий, относящихся к атомной энергетике, численно классифицировали их в порядке вероятности появления, а затем оценили потенциальные последствия в отношении населения. Для этого профессор Н. Расмуссен и его группа в указанном выше отчёте использовали разработанные Уотсоном Х.А. решения по анализу отказов и понятия «дерево событий», «дерево отказов», впервые выполнили оценку качественного риска с оценкой последствий для населения на основе булевой логики. Данные этого отчёта и предложенные там методы были использованы и развиты в книге [157], которая впервые была опубликована в 1980 г. в США и содержит, помимо краткого исторического обзора, описание различных методов изучения степени риска на основе качественных моделей булевой алгебры. Эти методы включают такие исследования, как: предварительный анализ опасностей, анализ видов отказов и возможных последствий, анализ методов, основанных на понятиях «дерево событий» и «дерево отказов». В работе [157] кроме анализа риска методами булевой алгебры впервые было показано, что надёжность системы может быть достигнута с использованием цепей Маркова. Данная книга была переведена на русский язык и издана в России в 1984 году. Ярким представителем данного подхода к оценкам риска в настоящее время является адмирал флота России профессор Рябинин И.А. [160], который исследует «дерева событий» и «дерева отказов» с применением Булевой алгебры. Как видно из исторического обзора, представленного в книге [157], публикаций по количественной оценке риска на основе суммирования законов распределения опасных параметров в период до 1980 г. не встречалось. Параллельно с применением Булевой алгебры развивались и другие математические модели оценки риска.

В 1980-х годах для оценок риска в морской практике д.т.н. Абчук В.А. применил математический аппарат, основанный на анализе функций полезности [125]. В Германии Мушек Э. и Мюллер П. в конце 1980-х годов использовали для оценок риска при принятии технических решений анализ функций экстремумов [123]. Перевод этой книги на русский язык был осуществлён в 1990 г.

Следует отметить ещё одно направление развития теории риска, которое возникло в 80-х годах прошлого столетия и в котором под риском в технике, экономике и финансах стали понимать среднеквадратическое

отклонение исследуемого параметра (технического, экономического, финансового). Этот подход вполне объясним, так как с увеличением среднеквадратического отклонения возрастает разброс параметра до значения, при котором параметр становится опасным (или недопустимо опасным). Это направление исследований следует считать началом перехода от качественных оценок риска к количественным оценкам, так как среднеквадратическое отклонение – это уже количественная характеристика опасного параметра. Данный подход используют потому, что чем больше разброс принимаемой величины, тем она опаснее. В экономике и финансах яркими представителями этого направления являются лауреаты Нобелевской премии по экономике 2003 г. профессора Р. Энгл и К. Гренджер – авторы теории волатильности и анализа экономических временных рядов с общими трендами. Понятие «волатильность» представляет собой среднеквадратическое отклонение (доходности инвестиций, доходности акций, изменения ВВП, потребительских цен, процентных ставок, биржевого курса и др.) и характеризует степень рассеяния возможных значений исследуемого параметра вокруг среднего значения экономического или финансового инструмента (параметра). Волатильность – мера риска любого из перечисленных в скобках (см. выше) финансовых инструментов. Например, высокая доходность (от инвестиций или акций) при малой волатильности лучше, чем такая же высокая доходность (от инвестиций или акций) при большой волатильности. Другими словами, надо вкладывать средства (инвестировать, покупать акции) в первом случае и отказываться от вложения средств (инвестировать, покупать акции) во втором случае.

И наконец, начиная с 1982 года появились работы по оценке риска, основанные на суммировании (композиции) плотностей распределения физически определяемых или измеряемых величин. Математические зависимости теории риска, полученные автором на основе формулы свёртки, представляют собой теоретико-вероятностные модели сравнения между собой среднего значения ( $A$ ) и среднеквадратического отклонения ( $\sigma_A$ ) опасного параметра транспортного сооружения с такими же характеристиками данного параметра ( $A_{kp}$  и  $\sigma_{Akp}$ ), который находится в критическом состоянии и при реализации которого риск причинения вреда равен 50% (0,5). При суммировании нормальных, логнормальных распределений и распределений Шарлье автор использует функцию Лапласа, что приводит к появлению вероятности 0,5 в структуре расчётных формул теории риска. Для случая суммирования нормальных распределений формула оценки риска имеет вид:

$$r = 0,5 - \Phi \left[ \frac{A - A_{kp}}{\sqrt{\sigma_A^2 + \sigma_{Akp}^2}} \right], \quad (2.1.9)$$

где  $\Phi[u]$  – интегральная функция Лапласа.

Использование в расчётных формулах критического состояния, при котором вероятность причинения вреда равна 0,5, делает такие формулы более наглядными по сравнению с формулами, в основе которых использован параметр, соответствующий предельному состоянию [119].

Действительно, для любого нежелательного события значению вероятности 0,5 соответствуют ситуации:

- когда удерживающие силы ( $A$ ) равны силам сдвигающим ( $A_{kp}$ ) или удерживающие моменты ( $A$ ) равны моментам сдвигающим ( $A_{kp}$ );

- когда расстояние до препятствия на дороге ( $A$ ) равно длине остановочного пути автомобиля ( $A_{kp}$ ) или расстояние видимости на участке дороги ( $A$ ) равно длине остановочного пути автомобиля ( $A_{kp}$ );

- когда силы, удерживающие ( $A$ ) транспортное средство на кривой в плане, при заданной скорости движения равны силам сдвигающим ( $A_{kp}$ );

- когда выгоды от реализуемого проекта ( $A$ ) равны затратам на его реализацию ( $A_{kp}$ );

- когда сопротивление материала или грунта сдвигу ( $A$ ) равно критическому касательному напряжению ( $A_{kp}$ );

- когда соотношения фактического и критического параметров, приводят к вероятности 0,5.

Как видно, в математических моделях теории риска учитывается качество исполнения опасного параметра в виде сравнения его математического ожидания ( $A$ ) и среднеквадратического отклонения ( $\sigma_A$ ) с математическим ожиданием критической величины ( $A_{kp}$ ) и её стандартным отклонением ( $\sigma_{Akp}$ ). Другими словами, уменьшение математического ожидания параметра  $A$  и/или увеличение характеристики разброса  $\sigma_A$  этого параметра (геометрического, транспортно-эксплуатационного или прочностного) относительно допустимой величины параметра  $A_{доп}$  и допуска на её разброс  $\sigma_A^{доп}$  приводит к увеличению риска причинения вреда пользователям. Иногда достаточно уменьшить среднеквадратическое отклонение ( $\sigma_A$ ) исследуемого параметра до допустимого значения ( $\sigma_A^{доп}$ ), чтобы риск причинения вреда снизился до приемлемого уровня.

Используя данный подход, по формулам теории риска получают вероятность причинения вреда (риск) пользователям продукцией, имеющей установленные значения параметра: при проектировании дорог это проектное ( $A_{пр}$ ) и/или расчётное ( $A_{расч}$ ) значение и допустимое среднеквадратическое отклонение ( $\sigma_A^{доп}$ ); при строительстве и эксплуатации дорог – среднее значение ( $A_{ср}$ ) и фактическое среднеквадратическое

отклонение ( $\sigma_A^{\text{факт}}$ ) параметра. При превышении фактического риска над допустимым значением применяют инженерные решения, позволяющие управлять риском в соответствии с требованиями к безопасности продукции, изложенными в одном из самых рыночных законов Российской Федерации – в законе № 184-ФЗ «О техническом регулировании» [1].

Вывод расчётных формул теории риска, основанный на критических параметрах, соответствующих 50% риску, показан в работах [34, 38, 46, 47, 63, 64, 65, 162, 187]. Автор монографии и его ученики [135, 136, 137, 138, 139, 140, 141, 142, 143, 144, 145, 146, 147, 148, 149, 150, 151, 152] применяют именно этот подход к оценке риска и надёжности в своих исследованиях.

Следует отметить, что в других работах, например в монографии [119], при выводе расчётных формул риска и надёжности проектируемого или существующего сооружения используют в формуле свёртки не критический параметр (соответствующий риску 0,5), а предельный параметр, соответствующий предельному состоянию сооружения. В этом случае формулы теории риска получают суммированием закона распределения фактического параметра ( $A$  и  $\sigma_A$ ) с законом распределения такого же параметра, но находящегося для данного объекта в предельном состоянии ( $A_{\text{ПРЕД}}$  и  $\sigma_{A_{\text{ПРЕД}}}$ ). При суммировании нормальных распределений с нижним пределом интегрирования меньше нуля ( $u$ ) используют интегральную функцию нормального закона  $F[u]$ , которая приводит к следующей формуле для оценки риска [119]:

$$r = 1 - F \left[ \frac{A - A_{\text{пред}}}{\sqrt{\sigma_A^2 + \sigma_{A_{\text{ПРЕД}}}^2}} \right]. \quad (2.2.10)$$

В ГОСТ Р 54257–2010 [45] указывается, что предельное состояние строительного объекта – это состояние, при превышении которого его эксплуатация недопустима, затруднена или нецелесообразна. Можно без больших усилий показать, что каждому из этих состояний соответствуют разные значения риска потери прочности или устойчивости сооружения, которые могут находиться в пределах от 0,5 до 1. Так, по данным нормативного документа [163], существует три группы предельного состояния:

- первая группа предельного состояния – это предел несущей способности (в этой группе риск потери прочности предельного состояния  $A_{\text{пред}}$  ближе к единице, чем к 0,5);

- вторая группа предельного состояния – это предел нормальной эксплуатации сооружения (в этом случае риск предельного состояния  $A_{\text{пред}}$  ближе к 0,5, чем к единице, и может быть несколько меньше 0,5);



- третья группа – это предел особого состояния, который возникает при особых воздействиях, сочетаниях нагрузок и ситуациях, при которых разрушение сооружения сопровождается катастрофическими последствиями (здесь риск потери прочности или устойчивости предельного состояния  $A_{\text{пред}}$  стремится к единице и наиболее удалён от 0,5).

Другими словами, само предельное состояние в формуле (2.1.10), относительно которого определяется риск причинения вреда продукции с параметрами  $A$  и  $\sigma_A$ , имеет плавающее или неустановленное значение риска.

Предельные состояния первой группы: могут соответствовать пластическим, хрупким и усталостным разрушениям; могут быть вызваны потерей устойчивости формы и потерей устойчивости положения; могут возникнуть в результате ползучести, пластичности и сдвигов в слоях и на границах слоёв дорожной конструкции, привести к возникновению деформаций в покрытиях (появление трещин, образование колеи и выбоин). Эти деформации возникают в связи с влиянием на процесс разрушения подвижной нагрузки, погодных и климатических факторов и приводят к полному или частичному прекращению эксплуатации сооружения. Частичная непригодность к эксплуатации возможна с временным применением запрещающих знаков 3.24, ограничивающих допустимую скорость движения на дороге с выбоинами, локальными просадками покрытия и колеями на полосах наката. Допустимую скорость движения устанавливают по величине приемлемого риска поломки ходовых частей автомобилей – рессор, пневматиков, амортизаторов – в зависимости от фактической глубины выбоин, глубины локальных просадок и колеи с учётом высоты их выпоров. При высокой интенсивности движения следует проверять установленную по глубине выбоин допустимую скорость движения по приемлемому риску наезда сзади на впереди идущий автомобиль и риску образования затора. Если допустимая скорость проезда автомобилями выбоин будет приводить к недопустимой вероятности образования заторов и высокому риску наезда на впереди движущийся автомобиль, то признают полную непригодность данной дороги к эксплуатации.

Возможно поэтому, основываясь на предельном состоянии, при выводе формул теории риска используют функцию нормального распределения, а не функцию Лапласа, так как вероятность, при которой реализуется предельное значение параметра, не может быть предварительно установлена в виде значения 0,5 (в оценке предельного состояния не всегда используют равенство сил, сдвигающих и удерживающих).

При учёте равенства сил, сдвигающих и удерживающих, оценку риска потери устойчивости сооружения можно выполнить по формуле, содержащей в своей структуре:

✓ интегральную функцию Лапласа и коэффициент устойчивости ( $K_{уст}$ ):

$$r = 0,5 - \Phi \left[ \frac{K_{уст} - 1}{\sigma_{K_{уст}}} \right], \quad (2.1.11)$$

где  $\Phi[u]$  – интегральная функция Лапласа;

✓ интегральную функцию нормального распределения  $F[u]$  и коэффициент устойчивости ( $K_{уст}$ ):

$$r = 1 - F \left[ \frac{K_{уст} - 1}{\sigma_{K_{уст}}} \right], \quad (2.1.12)$$

где  $F[u]$  – интегральная функция нормального распределения.

При  $K_{уст} = 1$  риск, определяемый по интегральной функции нормального распределения, равен 0,5 (так как  $r = 1 - F(0) = 1 - 0,5 = 0,5$ ). Другими словами, формулы (2.1.9), (2.1.10), (2.1.11) и (2.1.12) в случае равенства удерживающих и сдвигающих сил (или моментов) дают одинаковые результаты. Формулы (2.1.11) и (2.1.12) получают на основе формул (2.1.9) и (2.1.10) соответственно. При этом понятно, что  $\sigma_{A_{кр}} = \sigma_{A_{пред}}$  и  $\sigma_{K_{уст}} = \sqrt{\sigma_A^2 + \sigma_{A_{пред}}^2}$ .

В ряде зарубежных [164, 165, 166, 167] и некоторых отечественных [168, 169] работах, посвящённых обрушению склонов и оползанию откосов, при определении уровня надёжности сооружения используют индекс надёжности ( $\beta$ ), который представляет собой квантиль подынтегральной функции ( $\beta = u$ ) в формулах, применяемых для оценки уровня надёжности и риска обрушения сооружения или оползневого склона. На основе работ [165, 167] можно показать, что риск обрушения оползневого склона зависит от разности между математическими ожиданиями предельной прочности ( $\mu_R$ ) и фактической нагрузки ( $\mu_L$ ) и определяется интегральной функцией нормального распределения  $F[u]$  по формуле

$$r = 1 - F \left[ \frac{\mu_R - \mu_L}{\sqrt{\sigma_R^2 + \sigma_L^2}} \right], \quad (2.1.13)$$

где  $\sigma_R$  и  $\sigma_L$  – среднеквадратические отклонения предельной прочности и нагрузки.

В результате преобразований квантили подинтегральной функции получают другую формулу, в числителе которой – натуральные логарифмы от математических ожиданий предельной прочности и нагрузки, а в знаменателе под корнем – сумма квадратов коэффициентов вариации предельной прочности и нагрузки:

$$r = 1 - F \left[ \frac{\ln(\mu_R) - \ln(\mu_L)}{\sqrt{C_{V_R}^2 + C_{V_L}^2}} \right], \quad (2.1.14)$$

где  $F[u]$  – интегральная функция нормального распределения.

Если фактическая плотность распределения надвигается на критическую плотность распределения, риск возникновения нежелательного события, определяемый по формулам (2.1.9) и (2.1.10), стремится к 0,5.

В случае, когда фактическая плотность распределения заходит за критическую плотность, риск превышает значение 0,5 и в пределе стремится к единице.

Установив по любой из показанных формул риск причинения вреда пользователям (природе, окружающей среде), можно оценить уровень надёжности данного решения по имеющейся зависимости  $P_H = 1 - r$  или применить к оценке надёжности следующие выражения:

$$P_H = 0,5 + \Phi \left[ \frac{A - A_{кр}}{\sqrt{\sigma_A^2 + \sigma_{АКР}^2}} \right]; \quad (2.1.15)$$

$$P_H = F \left[ \frac{A - A_{пред}}{\sqrt{\sigma_A^2 + \sigma_{АПРЕД}^2}} \right]; \quad (2.1.16)$$

$$P_H = 0,5 + \Phi \left[ \frac{K_{уст} - 1}{\sigma_{K_{уст}}} \right]; \quad (2.1.17)$$

$$P_H = F \left[ \frac{K_{уст} - 1}{\sigma_{K_{уст}}} \right]; \quad (2.1.18)$$

$$P_H = F \left[ \frac{\mu_R - \mu_L}{\sqrt{\sigma_R^2 + \sigma_L^2}} \right]; \quad (2.1.19)$$

$$P_H = F \left[ \frac{\ln(\mu_R) - \ln(\mu_L)}{\sqrt{C_{V_R}^2 + C_{V_L}^2}} \right]. \quad (2.1.20)$$

Практически все показанные математические модели теории риска и теории надёжности основаны на законах распределения и представляют собой модели сравнения взаимного положения плотностей распределения фактического и критического параметров на оси абсцисс [формулы (2.1.9), (2.1.11), (2.1.15) и (2.1.17)] или фактического и предельного параметров [формулы (2.1.10), (2.1.12), (2.1.13), (2.1.14) и (2.1.16)]. Когда предельное состояние соответствует вероятности 0,5 (другими словами, когда предельное состояние равно критическому состоянию), оба подхода дают одинаковые значения риска и надёжности. Отсюда следует, что при использовании формул (2.1.9) и (2.1.10) или (2.1.15) и (2.1.16) расхождения в оценках риска и надёжности могут оказаться существенными. Это происходит потому, что предельное состояние не всегда может быть хорошо обосновано. Напомним, что вероятность предельного состояния колеблется от 0,5 до 1,0. Строгость подхода с использованием критического состояния основана на хорошо обоснованном физическом смысле этого состояния, и поэтому были получены формулы, сравнивающие любое решение с решением, соответствующим риску 0,5. Причём по формулам (2.1.9) и (2.1.15) можно оценить риск и надёжность, допускаемые предельным состоянием в формулах (2.1.10) и (2.1.16), и, следовательно, установить, относительно какого риска или какой надёжности определяется опасность и надёжность транспортного сооружения при использовании предельного состояния.

При оценке риска автор не применяет «анализ дерева неисправностей», который изложен в ГОСТ Р 51 901.13–2005, потому что в данной работе все устанавливаемые риски подлежат снижению до допустимого значения на всех стадиях жизненного цикла объекта: при проектировании, строительстве и эксплуатации транспортного сооружения, как этого требует Закон РФ №184-ФЗ «О техническом регулировании» [1]. Методы снижения риска (управления риском), представленные в монографии, позволяют снижать и суммарный риск на всех участках дороги до допустимого значения. При желании исследователь или инженер может применить «анализ дерева неисправностей» [172] к рискам, вычисленным по формулам настоящей монографии. Например, рассмотреть следующую систему: «попадание колеса автомобиля в выбоину – риск поломки ходовых частей – риск заноса транспортного средства на встречную полосу или на тротуар – риск столкновения со встречным автомобилем или риск причинения вреда пешеходам» или другие последовательности, включая разветвляющиеся. Такие задачи рассмотрены в работах [170, 171].

Исторический обзор развития теории риска за рубежом и в России показан потому, что один из соавторов в книге [133] и ряде других книг упорно муссирует ошибочную точку зрения об интенсивном развитии теории риска за рубежом, начиная с 50-х годов XX столетия. Читателю следует знать, что даже надёжность в указанные годы сводилась к оценкам

качества продукции, а надёжность как теория зарождалась в период 1961–1965 гг.

На основе анализа публикаций по теории риска в период с 1977 г. были разработаны модели риска, основанные на булевой алгебре, а в период с 1982 г. появились работы, основанные на законах распределения опасных параметров.

В России теория риска, основанная на суммировании законов распределения, нашла применение в дорожном хозяйстве с появлением работ автора [34, 38, 46, 47, 63, 64, 65, 162, 187] и его учеников [135, 136, 137, 138, 139, 140, 141, 142, 143, 144, 145, 146, 147, 148, 149, 150, 151, 152].

При этом спектр решаемых вопросов достаточно широк.

В этой связи, в целях обеспечения принципов технического регулирования в соответствии с Федеральным законом «О техническом регулировании», необходимо совершенствовать методы оценки технических и экологических рисков применительно к объектам дорожной деятельности, используя теорию риска профессора Столярова В.В.

## 2.2. Методологические основы теоретико-вероятностного подхода Столярова В.В. по оценке технических и экологических рисков в дорожной деятельности

В соответствии со статьей 7 п.1 Федерального закона №184-ФЗ «О техническом регулировании» [1] технические регламенты должны устанавливать *минимально необходимые требования*, обеспечивающие различные виды безопасности, с учетом *допустимого риска* причинения вреда. Это означает, что понятие «риск» рассматривается в неразрывном единстве с термином «безопасность», потому как от уровня риска (вероятности причинения вреда) напрямую зависит и уровень обеспечиваемой безопасности объектов технического регулирования.

Техническое регулирование в области дорожного хозяйства, с учётом положений Федеральных законов «О техническом регулировании» [1] и «Об автомобильных дорогах и о дорожной деятельности в Российской Федерации» [15], должно осуществляться в целях:

- ✓ защиты жизни и здоровья граждан, использующих для передвижения объекты транспортной инфраструктуры;
- ✓ минимизации вреда причиняемого объектами транспортной инфраструктуры окружающей среде, жизни и здоровью животных и растений;
- ✓ минимизация экономических потерь, вызванных нарушением непрерывности движения;
- ✓ сохранения имущества физических или юридических лиц, а также государственного или муниципального имущества;

✓ предупреждения действий, вводящих в заблуждение пользователей объектами транспортной инфраструктуры.

За критерий безопасности объекта транспортной инфраструктуры, процессов изыскания, проектирования, строительства, реконструкции, ремонта, эксплуатации и утилизации предлагается принимать состояние, при котором риск, связанный с причинением вреда жизни или здоровью граждан или имуществу любой формы собственности, окружающей среде, жизни или здоровью животных и растений, не превышает допустимых значений.

Допустимый риск причинения вреда по дорожным условиям, с позиций проектирования, должен быть представлен в виде:

✓ допустимого числа пострадавших людей из общего количества людей, использующих автомобильные дороги (водители, пассажиры, пешеходы и перевозчики);

✓ допустимой величины ущерба, выраженного в национальной валюте (рублях) от вреда, причиняемого автомобильной дорогой окружающей среде, жизни и здоровью животных и растений,;

✓ допустимой величины экономического ущерба от вреда, вызванного нарушением непрерывности движения, выражается в рублях;

✓ допустимой величины износа потребительских свойств государственной, муниципальной или частной автомобильной дороги, как имущества физических или юридических лиц;

✓ требуемой степени информированности об автомобильной дороге, обеспечивающей предупреждение действий, вводящих в заблуждение пользователей дорогами.

В Саратовском государственном техническом университете на кафедре «Транспортное строительство» в течение последних 30 лет ведётся разработка математических и экономико-математических моделей оценки риска причинения вреда человеку, имуществу и окружающей среде в различных дорожных условиях, при различном состоянии дорожной конструкции и с учетом скорости движения автомобилей. Используя в основе теории риска различные законы распределения, установленные на основе методов математической статистики, проф. Столяровым В.В. получены различные формулы для определения значения риска [23, 34, 38, 42, 44, 46, 47, 54, 63, 64, 65].

Так, при нормальном законе распределения [65]:

1) в первом случае, когда  $A > A_{кр}$  применяют формулу, графическая интерпретация которой представлена на рис. 2.2.1:

$$r_i = 0,5 - \Phi \left( \frac{A - A_{кр}}{\sqrt{\sigma_A^2 + \sigma_{A_{кр}}^2}} \right), \quad (2.2.1)$$

где  $A$  – математическое ожидание расчетного или фактического параметра сооружения;  $A_{кр}$  – математическое ожидание критического (минимального) параметра конструкции, при котором вероятность отказа равна 50%;  $\sigma_A$  и  $\sigma_{A_{кр}}$  – среднеквадратические отклонения текущих и критических значений указанных параметров.

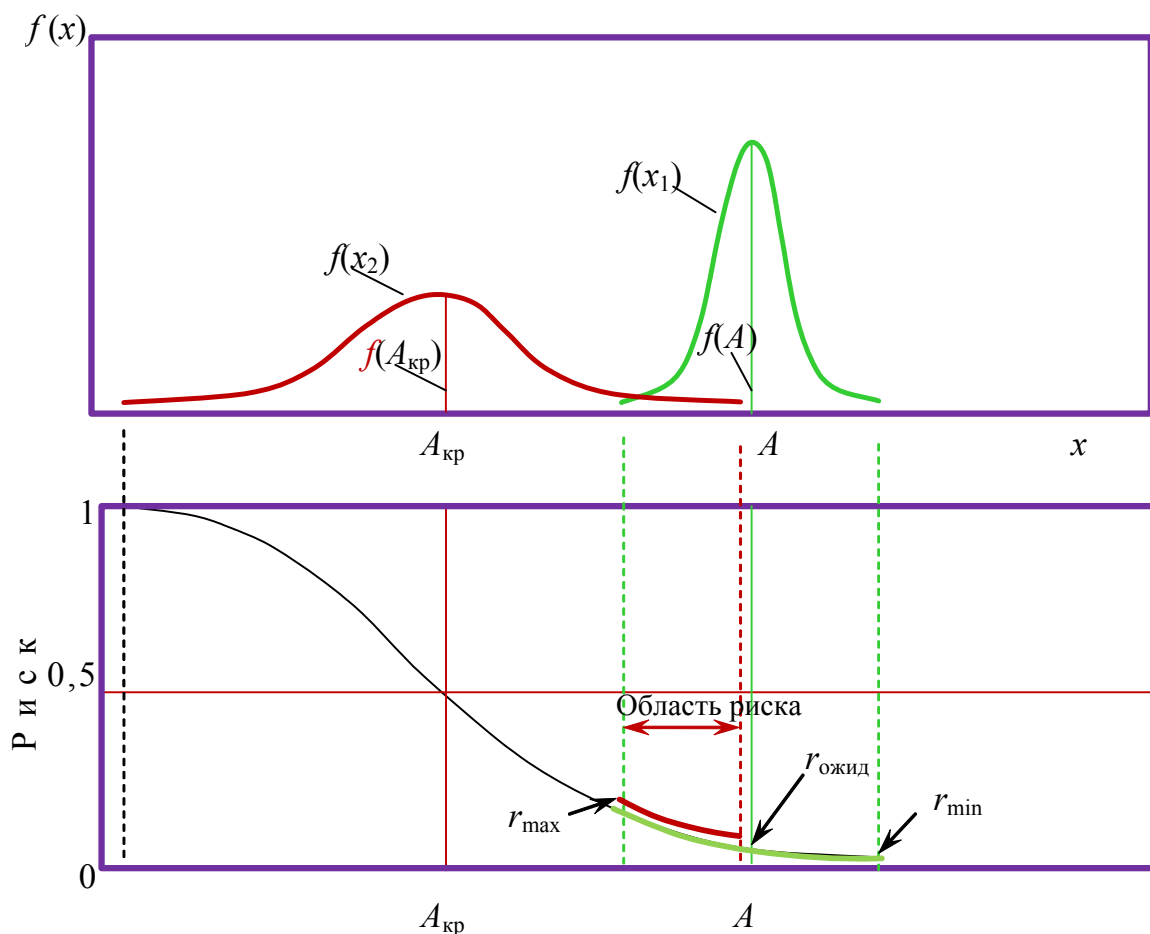


Рис. 2.2.1. Плотность распределения параметров  $A$  и  $A_{кр}$  с геометрическим представлением области риска ( $A_{кр}$  – математическое ожидание критического (минимального) параметра конструкции)

Анализ формулы (2.2.1) показывает, что в случае принятия параметра  $A$  равным параметру  $A_{кр}$  риск нежелательного события равен 50%, т.е.  $r = 0,5$ . При  $A > A_{кр}$  имеем  $r < 0,5$ , и в пределе, когда  $A \gg A_{кр}$ , риск стремится к нулю. При  $A < A_{кр}$  имеем  $r > 0,5$ , и в пределе, когда  $A \ll A_{кр}$ , риск стремится к единице.

2) во втором случае, когда величина  $A < A_{кр}$ , применяют формулу, графическая интерпретация которой представлена на рис. 2.2.2:

$$r_i = 0,5 - \Phi \left( \frac{A_{кр} - A}{\sqrt{\sigma_{A_{кр}}^2 + \sigma_A^2}} \right), \quad (2.2.2)$$

где  $A_{кр}$ ,  $\sigma_{A_{кр}}$  – математическое ожидание критического (максимального) параметра конструкции, при котором вероятность отказа равна 50%, и его среднеквадратическое отклонение;  $A$ ,  $\sigma_A$  – см. формулу (2.2.2).

Анализ формулы (2.2.2) показывает, что в случае принятия параметра  $A$  равным параметру  $A_{кр}$  риск нежелательного события равен 50%, т.е.  $r=0,5$ . При  $A < A_{кр}$  имеем  $r < 0,5$ , и в пределе, когда  $A \ll A_{кр}$ , риск стремится к 0. При  $A > A_{кр}$  имеем  $r > 0,5$ , и в пределе, когда  $A \gg A_{кр}$ , риск стремится к единице.

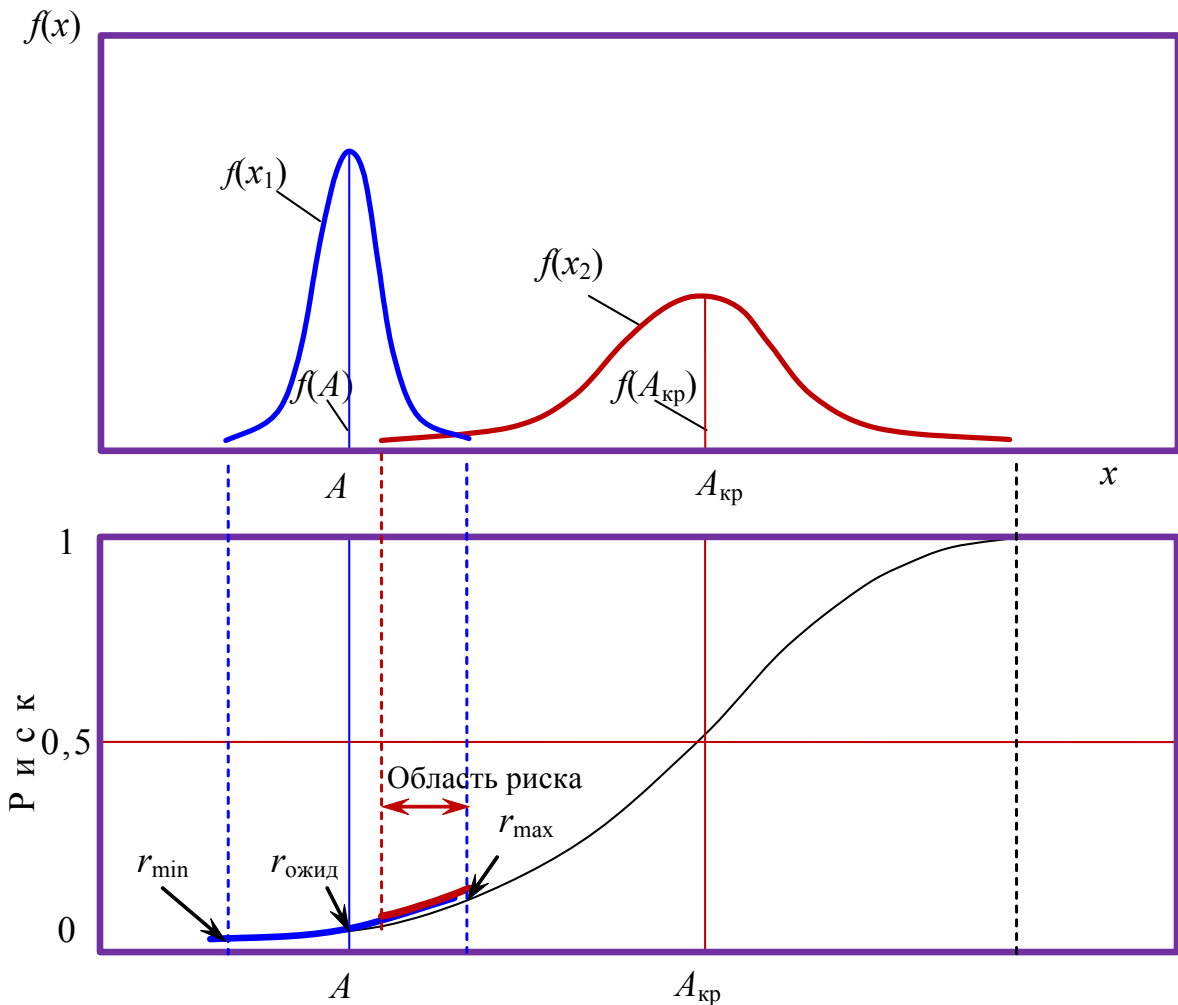


Рис. 2.2.2. Плотность распределения параметров  $A$  и  $A_{кр}$  с геометрическим представлением области риска ( $A_{кр}$  – математическое ожидание критического (максимального) параметра конструкции)



Формулами (2.2.1) и (2.2.2) можно воспользоваться только для тех параметров, которые распределены по нормальному закону. Для параметров, которые распределены по другим законам: логнормальному, Шарлье, Вейбулла, гамма-функции, биномиальному – автором получены соответствующие данным законам распределения другие формулы [23, 34, 38, 42, 44, 47, 63]. Значения критических величин – среднего значения  $A_{кр}$  и среднеквадратического отклонения  $\sigma_{A_{кр}}$  – в формулах теории риска для различных законов распределения определяют по математическим моделям, которые представлены в работе [34], были получены и описаны автором в работах [46, 47]. При учёте погодных-климатических условий получены также формулы теории риска, основанные на композициях различных законов распределения, например: для скользкого покрытия (гололёд, снежный наст и др.) применялась композиция равномерного и нормального распределений [47].

В соответствии с Федеральным законом «О техническом регулировании» необходимо вести активную работу по разработке и внедрению в организациях транспортного строительства стандартов предприятий с учетом региональных и климатических требований на территории Российской Федерации и используемых инновационных разработок в технологических процессах конкретных организаций. В стандартах организаций должны отражаться требования к безопасности сооружений с позиции их прочности и устойчивости, к эксплуатации сооружений с позиции безопасности дорожного движения, на основе допустимого риска причинения вреда жизни человека, животному миру и окружающей среде.

### 2.3. Разработка методов классификации автомобильных дорог по степени ответственности с учетом действующего законодательства Российской Федерации

На основе анализа федеральных законов [1, 15, 67] и нормативного документа по проектированию нежёстких дорожных одежд [77] д.т.н. Кокодева Н.Е. предложила базовую классификацию автомобильных дорог по степени ответственности (табл. 2.3.1), не противоречащую действующему законодательству в Российской Федерации, с использованием:

- уровней ответственности и коэффициентов надежности по ответственности (в соответствии с Федеральным законом «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений» [67]);
- требуемых минимальных коэффициентов прочности при заданных уровнях надежности для дорожных одежд нежесткого типа (в соответствии с ОДН 218.046-01 «Проектирование нежестких дорожных одежд» [77]);

- недопустимого риска и коэффициента вариации качества автомобильной дороги (в соответствии с Федеральными законами «О техническом регулировании» [1] и «Об автомобильных дорогах и о дорожной деятельности в Российской Федерации» [15]).

Необходимо отметить, что коэффициенты надежности по ответственности (табл.2.3.1, гр.3), принятые в Федеральном законе «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений» [77], соответствуют требуемым минимальным коэффициентам прочности по критерию сдвига и растяжения при изгибе (табл.2.3.1, гр.8, 9), рекомендуемым при проектировании дорожных одежд нежесткого типа.

Используя общепринятую в дорожной отрасли зависимость между требуемыми минимальными коэффициентами прочности (табл.2.3.1, гр.8) и заданной надежностью (табл. 2.3.1, гр.6), а также соотношение между заданной надежностью и риском, можно установить недопустимый риск для автомобильных дорог разных категорий и уровней ответственности.

Допустимый риск ( $r_{\text{доп}}$ ) связан с заданной надежностью ( $K_H$ ) следующим соотношением [46]:

$$r_{\text{доп}} = 1 - K_H. \quad (2.3.1)$$

Например, если заданная надежность дорожной одежды на последний год эксплуатации равна  $K_H=0,95$ , то допустимый риск разрушения дорожной одежды составит 0,05 (т.е. на каждые 100 м<sup>2</sup> покрытия придется 5 м<sup>2</sup> разрушения). Следовательно, для данного случая недопустимый риск разрушения дорожной одежды будет превышать величину  $r_{\text{доп}} = 0,05$ .

В ОДН 218.046-01 «Проектирование нежестких дорожных одежд» [77] в качестве допустимого риска используется термин «предельный коэффициент разрушения», представляющий собой отношение суммарной протяженности (или суммарной площади [47]) участков дороги, требующих ремонта из-за недостаточной прочности дорожной одежды, к общей протяженности (или общей площади [47]) дороги между корреспондирующими пунктами.

Однако не ясно, из каких соображений в данных нормативных документах были определены величины этих предельных коэффициентов разрушения (см.табл. 2.3.1). Кроме того, в ОДН 218.046-01 [77] ничего не сказано о внутризаводских дорогах крупных промышленных предприятий и о временных автомобильных дорогах, что затрудняет их правильное соотнесение к типам дорожных одежд. Предлагаемая д.т.н. Кокодевой Н.Е. классификация автомобильных дорог устраняет перечисленные несоответствия ОДН 218.046-01 [92].

В работах профессора Семенова В.А. [103] под качеством автомобильной дороги понимается комплекс ее потребительских свойств, обуславливающих способность удовлетворять определенные потребности в соответствии с ее назначением. При этом уровень качества автомобильной дороги напрямую связан с однородностью, представляющей собой степень неизменности

физико-механических свойств, геометрических размеров, параметров технологических процессов, условий эксплуатации и производства работ.

Регулирование качества за счет повышения однородности является наиболее эффективным и доступным способом. Повышение качества и однородности дорожных одежд и земляного полотна приводит к повышению их надежности. Неоднородность дорожных одежд сказывается и на неоднородности их транспортно-эксплуатационных показателей. Профессором Семеновым В.А. предложено оценивать однородность по коэффициенту вариации параметров [103].

Учитывая это, д.т.н. Кокодеева Н.Е. предлагает для достижения отличного и хорошего уровня качества автомобильной дороги стремиться к получению коэффициента вариации качества автомобильной дороги I уровня (повышенного) – не более 0,1; II уровня (нормального) – не более 0,15; III уровня (пониженного) – не более 0,2 (табл.2.3.1, гр.11).

В соответствии с Федеральным законом «О техническом регулировании» [1] установлена степень риска и степень причинения ущерба: для I уровня – пониженная степень; для II уровня – средняя; для III уровня – повышенная (табл.2.3.1, гр.12).

## 2.4. Разработка методов оценки комплексных показателей технических и экологических рисков

Объект транспортной инфраструктуры в процессе своего функционирования подвергается влиянию различных рисков, которые можно систематизировать в блоки, соответствующие функциональным подсистемам, а именно: блок инженерных изысканий; блок проектирования; блок строительства, блок реконструкции; блок капитального ремонта; блок эксплуатации; блок разборки дороги или сооружения.

Выделение рисков в рамках функциональных подсистем позволяет более точно определить способы управления рисками в практической деятельности.

В качестве характеристики степени опасности участка дороги воспользуемся суммарным риском [46, 47, 54, 56] как комплексным показателем, который может возникнуть на данном участке под совокупным влиянием всех параметров дороги одновременно.

Например, при движении транспортного потока по существующей автомобильной дороге, можно установить экологические риски отдельно, например:

- риск возникновения ущерба от негативных последствий шумового загрязнения от транспортного потока;
- риск возникновения ущерба от негативных последствий загрязнения окружающей среды вредным (токсичным) веществом;

Т а б л и ц а 2.3.1

Классификация автомобильных дорог по степени ответственности (предложенная д.т.н. Кокодеевой Н.Е.)  
с учетом Федерального закона № 384-ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений»

Уровень ответственности сооружения	Признак ответственности	Коэффициент надежности	Тип дорожной одежды	Категория дороги	Заданная надежность	Пределный коэффициент разрушения (пределный допустимый риск)	Требуемый коэффициент по критерию			Недопустимый риск	Коэффициент вариации качества автомобильной дороги	Степень риска и степень причинения ущерба		
							сдвига и растяжения при изгибе	упругого прогиба	ого					
Уровень I Повышенный	Сооружения, несенные в соответствии с Градостроительным кодексом Российской Федерации к особо опасным, технически сложным или уникальным объектам	$\geq 1,1$	Капитальный	основные внутриавтомобильные дороги крупных промышленных предприятий	-	-	8	9	10	$> 0,02$	11	12		
							6	7	8					
							0,98	0,02	1,10				1,50	$> 0,02$
							0,98	0,02	1,10				1,38	$> 0,02$
Уровень II Нормальный	Сооружения, за исключением зданий и сооружений повышенного и пониженного уровней ответственности	$\geq 1,0$	Облегченный	III	0,98	0,02	8	9	10	$> 0,02$	$\leq 0,1$	Пониженная		
							6	7	8					
							0,95	0,05	1,00				1,29	$> 0,02$
							0,95	0,05	1,00				1,20	$> 0,02$
Уровень II Нормальный	Сооружения, за исключением зданий и сооружений повышенного и пониженного уровней ответственности	$\geq 1,0$	Капитальный	IV	0,95	0,05	8	9	10	$> 0,05$	$\leq 0,15$	Средняя		
							6	7	8					
							0,95	0,05	1,00				1,17	$> 0,05$
							0,95	0,05	1,00				1,17	$> 0,05$

Окончание табл. 2.3.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12			
Уровень II Нормальный	Сооружения, за исключением зданий и сооружений повышенного и пониженного уровня ответственности	$\geq 1,0$	Облегченный	III	0,95	0,05	1,00	1,17	> 0,05	$\leq 0,15$	Средняя			
				IV	0,95	0,05	1,00	1,17	> 0,05					
				V	0,95	0,05	1,00	1,13	> 0,05					
				прочие внутри-заводские дороги	-	-	-	-	> 0,05					
				IV	0,95	0,05	1,00	1,17	> 0,05					
Уровень III Пониженный	Сооружения временного (сезонного) назначения, а также сооружения вспомогательного использования, связанные с осуществлением строительства или реконструкции сооружения либо расположенные на землях, предоставленных для индивидуального жилищного строительства	$\geq 0,8$	Капитальный	III	0,90	0,10	0,94	1,10	> 0,1	$\leq 0,2$	Повышенная			
				IV	0,90		0,94	1,10	> 0,1					
				V	0,80	0,20	0,87	1,02	> 0,2					
			Облегченный	III	0,90	0,10	0,94	1,10	> 0,1					
				IV	0,85		0,90	1,06	> 0,15					
				V	0,80	0,20	0,87	1,02	> 0,2					
			Переходный	Переходный	$\geq 0,8$	Переходный	IV	0,90				0,94	1,06	> 0,1
							V	0,80	0,30			0,87	0,98	> 0,2
							IV	0,70	0,30			0,80	0,90	> 0,3
							V	0,90				0,94	1,10	> 0,1
							IV	0,85				0,90	1,06	> 0,15
							V	0,80	0,20			0,87	1,02	> 0,2
							V	0,90				0,94	1,06	> 0,1
							IV	0,80	0,30			0,87	0,98	> 0,2
							V	0,70	0,30			0,80	0,90	> 0,3
Низший	Временные автомобильные дороги	-	Низший	Временные автомобильные дороги	-	-	-	-	> 0,3					

- риск возникновения ущерба от негативных последствий автотранспортных вибраций;

- риск возникновения ущерба от негативных последствий применения противогололедных реагентов при зимнем содержании и т.д.

Вычислим величину суммарного риска возникновения экологической опасности от всех нежелательных событий на объектах дорожно-транспортного комплекса с учётом синергизма их действия. Проф. В.В. Столяровым при рассмотрении частного случая наличия на участке двух причин, порождающих рискованные ситуации, предложена следующая формула для определения суммарного риска [46]:

$$r_{1,2} = r_1(1 - P_1) + r_2(1 - P_2), \quad (2.4.1)$$

где  $r_1$  и  $r_2$  – величина риска каждой из двух причин соответственно;  $P_1$  – возможная вероятность изменения величины  $r_1$  при воздействии  $r_2$  (негативное воздействие на окружающую среду по причине, порождающей  $r_2$ );  $P_2$  – возможная вероятность изменения величины  $r_2$  при воздействии  $r_1$  (негативное воздействие на окружающую среду по причине, порождающей  $r_1$ ).

В результате математических преобразований было получено частное уравнение суммарного риска [46]

$$r_{1,2} = r_1 + r_2 - r_1 \cdot r_2. \quad (2.4.2)$$

При наличии на участке дороги  $n$  причин, вызывающих значения риска  $r_1, r_2, \dots, r_n$ , проф. Столяровым В.В. предложено пользоваться формулой (2.4.2) последовательно  $n-1$  раз. Вначале по формуле (2.4.2) вычисляют суммарный риск  $r_{i,j}$  по любым двум значениям риска (например,  $r_{1,2}$  по  $r_1$  и  $r_2$ ). Последующие вычисления ведут также в соответствии с произвольной индексацией значений риска. Например, при наличии третьего и четвёртого опасных параметров и соответствующих им рисков ( $r_3$  и  $r_4$ ) формулой (2.4.2) пользуются ещё дважды:

$$r_{1,2,3} = r_{1,2} + r_3 - r_{1,2} \cdot r_3;$$

$$r_{1,2,3,4} = r_{1,2,3} + r_4 - r_{1,2,3} \cdot r_4.$$

Очевидно, что при наличии  $n$  опасных параметров суммирование выполняют по зависимости

$$r_{1,2,\dots,n-1,n} = r_{1,2,\dots,n-1} + r_n - r_{1,2,\dots,n-1} \cdot r_n. \quad (2.4.3)$$

Любая последовательность сложения значений риска приводит к одному и тому же суммарному риску, который при неограниченном количестве значений  $r_i$  ( $0 \leq r_i \leq 1$ ) остается меньше или равен единице.

Специфика отраслевой принадлежности рисков к автомобильной дороге заключается в идентификации таких рисков, которые могут оказать существенное влияние на результаты функционирования автомобильной дороги.

Для удобства восприятия процесс формирования рисков целесообразно представлять в виде графиков суммарного риска [46, 47, 55].

### 3. СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДОВ ТЕОРЕТИКО-ВЕРОЯТНОСТНОГО ПОДХОДА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО И ТЕХНИЧЕСКОГО РИСКОВ В ДОРОЖНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

#### 3.1. Методика оценки риска деградации плодородного слоя почвы в зависимости от толщины снимаемого слоя на полосе отвода при строительстве автомобильных дорог\*

##### 3.1.1. Исследование характеристик толщины снятия плодородного слоя почв при проведении подготовительных работ по строительству и реконструкции автомобильной дороги

Производство земляных работ, в том числе выполнение подготовительных работ на полосе отвода к строительству, входит в первую группу комплекса технологических процессов по строительству автомобильной дороги. При сооружении земляного полотна автомобильных дорог первой технологической операцией является *снятие плодородного слоя*, т.е. верхней гумусированной части почвенного профиля, обладающей благоприятными для роста растений химическими, физическими и агрохимическими свойствами. Данный вид работ производится, во-первых, на всей площади земель, занимаемых под дорогу и сооружения дорожного комплекса, и, во-вторых, на временно отведенных землях для резервов, карьеров и других выработок.

В табл.3.1.1 дана основная терминология в данной области.

Снятие плодородного слоя сопровождается негативным воздействием на почву. При срезке почвенного слоя на полосе отвода и перемещении его на некоторое расстояние бульдозером почва подвергается механическому нарушению, приводящему к необратимым нарушениям почвенно-растительного слоя, а именно: уничтожению коренной растительности; нарушению морфологических и биохимических свойств почвы; уплотнению ее поверхностных слоев.

Кроме того, во время хранения почвенного слоя он подвергается интенсивному воздействию погодно-климатических факторов – ветра, воды, солнечной радиации, определенному биологическому воздействию, что вызывает органическое разрушение почвы.

Таким образом, участок строительства переходит в разряд *нарушенных земель*, т.е. земель, утративших свою хозяйственную ценность или являющихся источником отрицательного воздействия на окружающую среду в связи с *нарушением почвенного покрова*, гидрологического режима и

---

\* Эта модель основана на идеях, сценариях и формулах автора, и реализована совместно с д.т.н. Кокодовой Н.Е.

образования техногенного рельефа в результате производственной деятельности.

Т а б л и ц а 3.1.1

Основные термины

№ п/п	Термин	Пояснение	Источник
1	Плодородный слой почвы	Верхняя гумусированная часть почвенного профиля, обладающая благоприятными для роста растений химическими, физическими и биологическими свойствами	ГОСТ 17.5.1.01–83. Охрана природы. Рекультивация земель. Термины и определения
2	Нарушение земель	Процесс, происходящий при добыче полезных ископаемых, выполнении геологоразведочных, изыскательских, строительных и других работ и приводящий к нарушению почвенного покрова, гидрологического режима местности, образованию техногенного рельефа и другим качественным изменениям состояния земель	
3	Нарушенные земли	Земли, утратившие в связи с их нарушением первоначальную хозяйственную ценность и являющиеся источником отрицательного воздействия на окружающую среду	
4	Норма снятия плодородного слоя почвы	Толщина снимаемого плодородного слоя почвы	ГОСТ 17.5.3.06–85. Охрана природы. Земли. Требования к определению норм снятия плодородного слоя почвы при производстве земляных работ

Толщину снимаемого плодородного почвенного слоя устанавливают при проектировании сооружений в соответствии с ГОСТ 17.5.3.06–85 [159] (в зависимости от типа и подтипа почв, указанных на крупномасштабных почвенных картах) и на основании предварительного согласования с землепользователями (табл.3.1.2). В связи с этим целесообразно в направлении совершенствования теоретических основ экологической безопасности автомобильных дорог опираться на вероятностно-статистические методы и, в частности, на изучение вероятностной сущности толщины снятия плодородного слоя почвы. Это позволит прогнозировать снижение или увеличение уровня деградации почвы от механического нарушения.

Для обоснования закона распределения толщины снятия плодородного слоя почвы от механического нарушения выполним некоторые преобразования со следующими исходными данными. Во время подготовительных работ по строительству автомобильной дороги была произведена технологическая операция по замеру толщины плодородного слоя почвы в пре-



делах ширины полосы отвода на всей длине участка строительства через каждые 100 м (табл. 3.1.3). Тип почвы – черноземы обыкновенные.

Т а б л и ц а 3.1.2

Норма снятия плодородного слоя почвы для основных типов и подтипов почв глинистого и суглинистого механического состава

№ п/п	Тип и подтип почв	Диапазон толщин снятия, см
1	Дерново-подзолистые	20 или на всю толщину пахотного слоя
2	Буроземно-подзолистые	20-50
3	Дерново-карбонатные	20-40
4	Дерново-глеевые	30-60
5	Бурые лесные	20-80
6	Светло-серые лесные	20-30
7	Серые лесные	20-50
8	Темно-серые лесные	40-70
9	Черноземы оподзоленные и выщелоченные	40-120
10	Черноземы типичные	50-120
11	Черноземы обыкновенные	40-100
12	Черноземы южные	40-70
13	Лугово-черноземные	60-100
14	Черноземно-луговые	50-90
15	Луговые	30-100
16	Темно-каштановые	40-50
17	Каштановые	30-40
18	Светло-каштановые	30
19	Лугово-каштановые	40-70
20	Лугово-сероземные	40-60
21	Лугово-такыровидные	30
22	Сероземы	20-40
23	Красноземы	40
24	Желтоземы	30
25	Горно-луговые	30-80
26	Горные лугово-степные	20-70
27	Аллювиальные (пойменные)	40-120
28	Торфяные болотные (после осушения)	На всю мощность торфяного слоя

П р и м е ч а н и е . Минимальная толщина слоя приведена для II дорожно-климатической зоны, а максимальная – для IV и V дорожно-климатических зон.

Т а б л и ц а 3.1.3

Толщина снятия плодородного слоя почвы (Н)

№ точек	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Н, см	57	54	55	52	48	47	47	46	43	43	42	39	38	38	35	37	35	31	30
№ точек	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38
Н, см	28	32	33	34	37	38	39	38	40	38	37	39	38	38	45	53	49	57	60

Статистическая обработка толщины снятия плодородного слоя почвы от механического нарушения приведена в табл. 3.1.4.

При применении мультипликативного метода и метода суммирования измеренные значения высот неровностей распределяют по разрядам (табл.3.1.4, гр. 3). Вычисление данных графы 4 основывается на значениях графы 3. Первое значение переносится из графы 3 в графу 4, а затем к нему прибавляется второе значение из графы 3. Суммирование значений продолжают до последнего числа в графе 3. Контроль вычислений в графе 4 заключается в равенстве последнего числа этой графы и суммарного количества измеренных (или вычисленных) величин  $n$ . Данные графы 5 вычисляются так же, как данные графы 4 (по данным графы 4). Контроль вычислений графы 5 подобен предыдущему контролю (см. табл. 3.1.4). Расчет среднего значения и среднеквадратического отклонения исследуемого параметра произведен с использованием обозначений табл. 3.1.4.

Т а б л и ц а 3.1.4

Пример статистической обработки толщины снятия

плодородного слоя почвы

Разряды интервалов	Середина разряда $U_m$	Абсолютная частота $h_m$	Частичная сумма $S_m$	Накопленная частота $T$	Середина условного интервала $l_m$	Произведения		
						$l_m \cdot h_m$	$l_m^2$	$l_m^2 \cdot h_m$
1	2	3	4	5	6	7	8	9
25÷31	28	3	3	3	-2	-6	4	12
31÷37	34	8	11	14	-1	-8	1	8
37÷43	40= $X_A$	14	25	39	0	0	0	0
43÷49	46	6	31	70	1	6	1	6
49÷55	52	4	35	105	2	8	4	16
55÷61	58= $U_K$	3	38	143	3	9	9	27
$d=6$		$n=38$	$M=143$	$\sum T=374$		$B=9$		$A=69$

Выполним обработку данных табл. 3.1.4 с использованием известных приемов математической статистики:

Метод суммирования:

✓ среднее значение

$$H_{\text{cp}} = U_K - d \left( \frac{M}{n} - 1 \right) = 58 - 6 \left( \frac{143}{38} - 1 \right) = 41,4 \text{ см};$$

✓ дисперсия

$$\sigma_H^2 = \frac{d^2}{n-1} \left( 2 \sum T - M - \frac{M^2}{n} \right) = \frac{6^2}{38-1} \left( 2 \cdot 374 - 143 - \frac{143^2}{38} \right) = 65,06;$$

✓ среднее квадратическое отклонение  $\sigma_H = 8,07 \text{ см}$ .

Мультипликативный метод:

✓ среднее значение

$$H_{\text{cp}} = X_A + \frac{d}{n} B = 40 + \frac{6}{38} \cdot 9 = 41,4 \text{ см};$$

✓ дисперсия

$$\sigma_H^2 = \frac{d^2}{n-1} \left( A - \frac{B^2}{n} \right) = \frac{6^2}{38-1} \left( 69 - \frac{9^2}{38} \right) = 65,06;$$

✓ среднее квадратическое отклонение  $\sigma_H = 8,07 \text{ см}$ .

Сравнение эмпирического распределения с теоретическим законом распределения по критерию Пирсона показано в табл.3.1.5.

Вероятность  $P_i$  в табл.3.1.5 вычисляли по формуле Симпсона:

$$P_i = \int_a^b f(x) dx = \tag{3.1.1}$$

$$= \frac{b-a}{6 \cdot m} [(y_0 + y_{2m}) + 2(y_2 + y_4 + \dots y_{2m-2}) + 4(y_1 + y_3 + \dots y_{2m-1})].$$

Т а б л и ц а 3.1.5

Сравнение фактического распределения толщины снятия плодородного слоя почвы с законом нормального распределения

Разряды интервалов	Абсолютная частота $h_m$	Вероятность попадания измерений в разряд $P_i$	Теоретическое количество измерений в разряде ( $n_i = P_i \cdot n$ )	$\chi^2 = \frac{(h_m - n_i)^2}{n_i}$
< 25	0	0,0152	0,5776	0,5776
25÷31	3	0,0695	2,6410	0,0488
31÷37	8	0,1807	6,8666	0,1871
37÷43	14	0,2802	10,6476	1,0555
43÷49	6	0,2600	9,8800	1,5237
49÷55	4	0,1385	5,2630	0,3031
55÷61	3	0,0446	1,6948	1,0052
> 61	0	0,0082	0,3105	0,3105
$d=8$	$n=38$	$\sum P_i=0,997$		$\sum \chi^2=5,0115$

В формуле (3.1.1) применяли параметр  $m=2$ . Тогда

$$P_i = \frac{b-a}{12} [(y_0 + y_4) + 2 \cdot y_2 + 4(y_1 + y_3)], \tag{3.1.2}$$

где  $b$  и  $a$  – правая и левая границы толщины снятия плодородного слоя почвы в разрядах интервалов (см. табл. 3.1.5);  $y_0, y_1, \dots, y_4$  – ординаты точек, определяемые по формуле

$$y = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \cdot e^{-\frac{(H_i - H_{\text{cp}})^2}{2\sigma^2}} \Big|_a^b \tag{3.1.3}$$

При сравнении с нормальным законом распределения также применяли формулу вида

$$P_i = \Phi\left(\frac{H_{i+1} - H_{\text{cp}}}{\sigma_H}\right) - \Phi\left(\frac{H_i - H_{\text{cp}}}{\sigma_H}\right), \quad (3.1.4)$$

где  $\Phi(u)$  – функция Лапласа;  $H_i$  и  $H_{i+1}$  – левая и правая границы толщины снятия плодородного слоя почвы в разрядах (см. табл.3.1.5);  $H_{\text{cp}}$  и  $\sigma_H$  – средняя толщина снятия плодородного слоя почвы и среднее квадратическое отклонение толщины снятия плодородного слоя почвы.

На рис. 3.1.1 показано сравнение гистограммы толщины снятия плодородного слоя почвы с плотностью нормального распределения.

Для теоретического распределения число степеней свободы определяли по формуле

$$v = k - r, \quad (3.1.5)$$

где  $k$  – число разрядов (в табл.3.1.5  $k = 8$ );  $r$  – число наложенных связей (для нормального закона распределения  $r=3$ ).

Получаем  $v = 8 - 3 = 5$ . Из таблиц  $\chi^2$ -распределения при  $\chi^2 = 5,0115$  и  $v=5$  выписываем вероятность, по которой устанавливается вероятность соответствия теоретического закона распределения результатам измерений (гистограмме):

- отличное соответствие при  $P > 0,5$ ;
- хорошее соответствие при  $P = 0,3 \div 0,5$ ;
- удовлетворительное соответствие при  $P = 0,1 \div 0,3$ ;
- неудовлетворительное соответствие при  $P < 0,1$ .

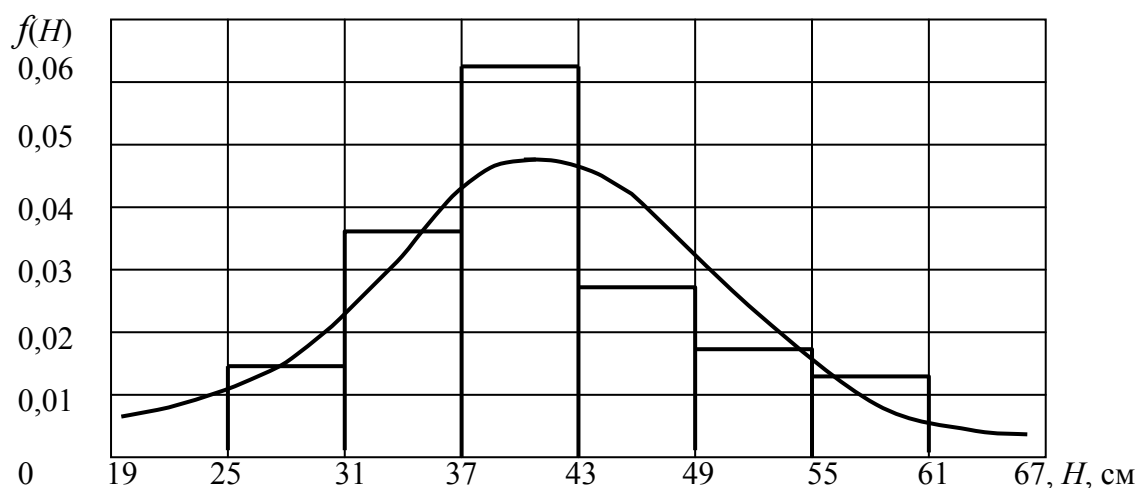


Рис. 3.1.1. Гистограмма толщины снятия плодородного слоя почвы и плотность нормального распределения

Так как для приведенного выше примера  $P=0,43$ , то соответствие гистограммы толщины снятия плодородного слоя почвы плотности нормального распределения следует считать хорошим.

Для сравнения теоретического и эмпирического распределения использовали также критерий Романовского

$$R = \frac{\chi^2 - \nu}{\sqrt{2\nu}}. \quad (3.1.6)$$

Если критерий Романовского меньше 3, то гипотеза о соответствии фактической кривой распределения теоретическому закону распределения принимается. В противном случае при  $R \geq 3$  делается вывод, что выбранный теоретический закон распределения не соответствует результатам измерения. Согласно этому критерию имеем

$$R = \frac{5,0115 - 5}{\sqrt{2 \cdot 5}} = 0,004.$$

Так как  $0,004 < 3$ , то нормальное распределение согласуется с результатами экспериментальных данных.

### 3.1.2. Риск деградации плодородного слоя почвы в зависимости от толщины снимаемого слоя на полосе отвода при строительстве автомобильных дорог

Актуальность исследований в области, связанной с нарушением почвенного покрова, обусловлена тем, что процесс восстановления плодородия почв очень сложен и достаточно длителен (например, чтобы воссоздать слой плодородной почвы толщиной 10 см требуется около 100 лет). Именно поэтому при строительстве автомобильной дороги, в частности при оформлении полосы отвода, необходимо строго выдерживать обоснованные проектные рекомендации по толщине снятия плодородного слоя почвы.

В одном случае при снятии плодородного слоя почвы на толщину, меньшую проектной толщине, деградации подвергнется оставшаяся часть плодородного слоя под земляным полотном. В другом случае при снятии всей толщины плодородного слоя с захватом части грунтового массива под ней деградировать будет весь снятый и перемещенный плодородный слой. И в том, и в другом случае будет нанесен необратимый вред окружающей среде.

Представленные ниже результаты исследований позволяют определить не только вероятность деградации плодородного слоя, но и в дальнейшем оценить материальный ущерб выполненных при строительстве дорожных работ, не соответствующих проекту. С целью недопущения таких ситуаций необходимо, чтобы автомобильная дорога в течение всего жизненного цикла, начиная с изысканий и заканчивая эксплуатацией, реконструкцией или капитальным ремонтом, была отнесена лишь к одной дорожной организации, отвечающей за качество выполненных работ на данной автомобильной дороге.

В подразд. 3.1.1 обоснован нормальный закон распределения толщины снимаемого плодородного почвенного слоя и было предложено при исследовании ее вероятностной сущности использовать теорию риска [46], не противоречащую нормальному закону распределения. Это позволило прогнозировать снижение или увеличение уровня деградации почвы в результате ее механического нарушения.

На рис.3.1.2 и 3.1.3 представлены схемы недопустимого снятия плодородного слоя почвы.

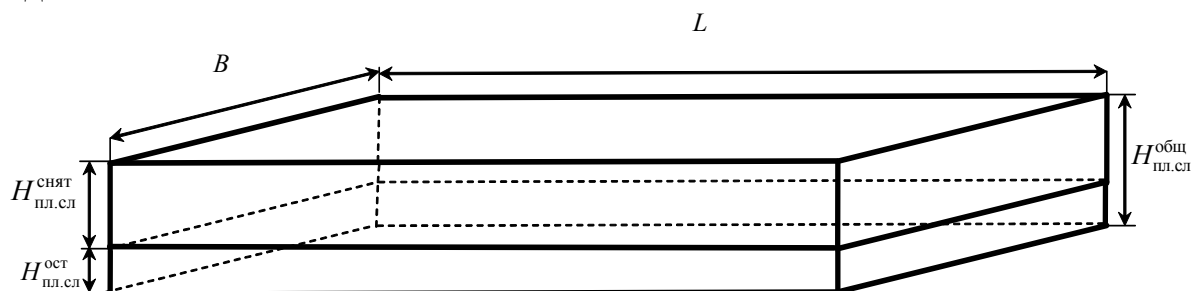


Рис. 3.1.2. Схема недостаточного снятия плодородного слоя почвы:  
 $L$  – протяженность участка, см;  $B$  – ширина участка, см;  $H_{\text{пл.сл}}^{\text{общ}}$  – общая толщина плодородного слоя почвы, см;  $H_{\text{пл.сл}}^{\text{снят}}$  – снятая толщина плодородного слоя почвы, подверженная механическому нарушению, см;  $H_{\text{пл.сл}}^{\text{ост}}$  – оставшаяся толщина плодородного слоя почвы, не подверженная механическому нарушению, см

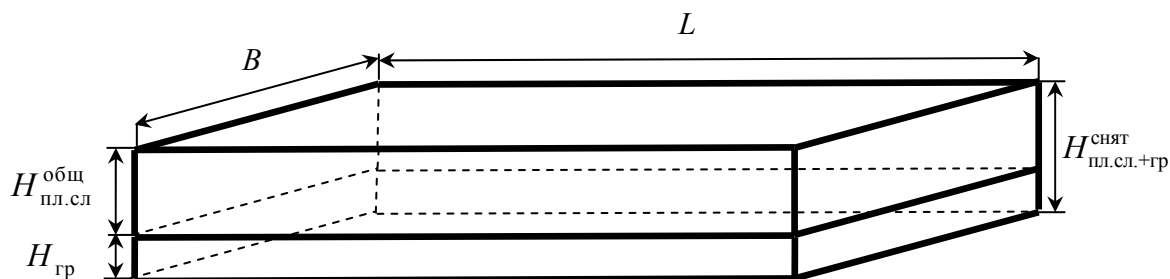


Рис. 3.1.3. Схема снятия плодородного слоя почвы с нижележащим грунтовым массивом:  
 $L$  – протяженность участка, см;  $B$  – ширина участка, см;  $H_{\text{пл.сл}}^{\text{общ}}$  – общая толщина плодородного слоя почвы, подверженная механическому нарушению, см;  
 $H_{\text{пл.сл.+гр}}^{\text{снят}}$  – снятая толщина плодородного слоя почвы с грунтом, подверженная механическому нарушению, см;  $H_{\text{гр}}$  – мощность слоя грунта, снятого с плодородным слоем почвы, см

Понятие «*риск деградации плодородного слоя почвы*» является качественной инженерной характеристикой поверхности земли и имеет следу-

ющее математическое толкование (под риском будем понимать вероятность деградации):

$$r_1 = \frac{Q_{\text{пл.сл}}^{\text{ост}}}{Q_{\text{пл.сл}}^{\text{общ}}} = \frac{B \cdot L \cdot H_{\text{пл.сл}}^{\text{ост}}}{B \cdot L \cdot H_{\text{пл.сл}}^{\text{общ}}} = \frac{H_{\text{пл.сл}}^{\text{ост}}}{H_{\text{пл.сл}}^{\text{общ}}}; \quad (3.1.7)$$

$$\begin{aligned} r_2 &= \frac{Q_{\text{пл.сл.+гр}}^{\text{снят}} - Q_{\text{пл.сл}}^{\text{общ}}}{Q_{\text{пл.сл.+гр}}^{\text{снят}}} = 1 - \frac{Q_{\text{пл.сл}}^{\text{общ}}}{Q_{\text{пл.сл.+гр}}^{\text{снят}}} = 1 - \frac{B \cdot L \cdot H_{\text{пл.сл}}^{\text{общ}}}{B \cdot L \cdot (H_{\text{пл.сл}}^{\text{снят}} + H_{\text{гр}}^{\text{снят}})} = \\ &= 1 - \frac{H_{\text{пл.сл}}^{\text{общ}}}{H_{\text{пл.сл}}^{\text{снят}} + H_{\text{гр}}^{\text{снят}}}, \end{aligned} \quad (3.1.8)$$

где  $r_1$  – вероятность нежелательного события, представляющая собой риск деградации оставшейся толщины плодородного слоя почвы;  $r_2$  – вероятность нежелательного события, представляющая собой риск деградации снятого плодородного слоя почвы с нижележащим грунтом;  $Q_{\text{пл.сл}}^{\text{общ}}$  – общий объем плодородного слоя почвы,  $\text{м}^3$ ;  $Q_{\text{пл.сл}}^{\text{ост}}$  – объем оставшегося плодородного слоя почвы на полосе отвода,  $\text{м}^3$ ;  $Q_{\text{пл.сл.+гр}}^{\text{снят}}$  – общий объем плодородного слоя почвы, снятый с нижележащим грунтом,  $\text{м}^3$ .

Для определения значений  $r_1$  и  $r_2$  используем теорию риска, предложенную проф. Столяровым В.В. [46].

Рассмотрим два случая определения вероятности возникновения (риска) деградации плодородного слоя почвы на полосе отвода от механического нарушения.

**Пример I. Когда фактическая толщина снятого верхнего слоя почвы меньше проектной величины ( $H_{\text{пл.сл}}^{\text{ф.сн}} < H_{\text{пл.сл}}^{\text{пр}}$ ), риск деградации оставшегося плодородного слоя на полосе отвода можно установить по зависимости**

$$r = 0,5 - \Phi \left( \frac{H_{\text{пл.сл}}^{\text{ф.сн}} - H_{\text{пл.сл}}^{\text{кр}}}{\sqrt{\sigma_{H_{\text{пл.сл}}^{\text{ф.сн}}}^2 + \sigma_{H_{\text{пл.сл}}^{\text{кр}}}^2}} \right), \quad (3.1.9)$$

где  $H_{\text{пл.сл}}^{\text{ф.сн}}$  – фактическая снятая толщина плодородного слоя почвы, подверженная механическому нарушению, см;  $\sigma_{H_{\text{пл.сл}}^{\text{ф.сн}}}$  – среднеквадратическое отклонение фактической снятой толщины плодородного слоя почвы, см;  $H_{\text{пл.сл}}^{\text{кр}}$  – критическая (минимальная) толщина снятого плодородного слоя почвы, при которой вероятность нежелательного последствия от механического нарушения равна 50%, см;  $\sigma_{H_{\text{пл.сл}}^{\text{кр}}}$  – среднеквадратическое отклонение критической (минимальной) толщины снятого плодородного слоя почвы, см;  $\Phi(u)$  – функция Лапласа.

Параметры  $H_{\text{пл.сл}}^{\text{ф.сн}}$  и  $\sigma_{H_{\text{пл.сл}}^{\text{ф.сн}}}$  определяют в результате статистических расчетов по достаточному числу замеров толщины снятого плодородного слоя почвы.

Критическая (минимальная) толщина снятого плодородного слоя почвы  $H_{\text{пл.сл}}^{\text{кр}}$  и ее среднеквадратическое отклонение  $\sigma_{H_{\text{пл.сл}}^{\text{кр}}}$  устанавливаются по зависимости

$$\sigma_{H_{\text{пл.сл}}^{\text{кр}}} = C_V^{H_{\text{пл.сл}}^{\text{кр}}} \cdot H_{\text{пл.сл}}^{\text{кр}}, \quad (3.1.10)$$

где  $C_V^{H_{\text{пл.сл}}^{\text{кр}}}$  – коэффициент вариации минимальной толщины снятого плодородного слоя почвы.

При определении параметра  $C_V^{H_{\text{пл.сл}}^{\text{кр}}}$  считается, что плодородный слой почвы при критической (минимальной) толщине снятия обладает той же однородностью исходных компонентов, что и при фактической, т.е.

$$C_V^{H_{\text{пл.сл}}^{\text{кр}}} = C_V^{H_{\text{пл.сл}}^{\text{ф.сн}}} = \frac{\sigma_{H_{\text{пл.сл}}^{\text{ф.сн}}}}{H_{\text{пл.сл}}^{\text{ф.сн}}}. \quad (3.1.11)$$

При  $C_V^{H_{\text{пл.сл}}^{\text{кр}}} \neq 0,2$ :

$$H_{\text{пл.сл}}^{\text{кр}} = \frac{\sqrt{(H_{\text{пл.сл}}^{\text{пр}})^2 + \left[ 25 \cdot \left( C_V^{H_{\text{пл.сл}}^{\text{кр}}} \right)^2 - 1 \right] \cdot \left( (H_{\text{пл.сл}}^{\text{пр}})^2 - 25 \cdot \sigma_{H_{\text{пл.сл}}^{\text{пр}}}^2 \right)} - H_{\text{пл.сл}}^{\text{пр}}}{25 \cdot \left( C_V^{H_{\text{пл.сл}}^{\text{кр}}} \right)^2 - 1}, \quad (3.1.12)$$

где  $H_{\text{пл.сл}}^{\text{пр}}$  – проектная толщина снятия плодородного слоя, см;  $\sigma_{H_{\text{пл.сл}}^{\text{пр}}}$  – среднеквадратическое отклонение проектной толщины снятия плодородного слоя, см.

При  $C_V^{H_{\text{пл.сл}}^{\text{кр}}} = 0,2$ :

$$H_{\text{пл.сл}}^{\text{кр}} = \frac{(H_{\text{пл.сл}}^{\text{пр}})^2 - 25 \cdot \sigma_{H_{\text{пл.сл}}^{\text{пр}}}^2}{2 \cdot H_{\text{пл.сл}}^{\text{пр}}}. \quad (3.1.13)$$

Рассмотрим предложенную математическую модель для случая, когда  $H_{\text{пл.сл}}^{\text{ф.сн}} < H_{\text{пл.сл}}^{\text{пр}}$ , на конкретном примере.

1. В проектной документации на основании предварительных изысканий обоснована проектная толщина снятия плодородного слоя почвы ( $H_{\text{пл.сл}}^{\text{пр}}$ ) для чернозема обыкновенного 100 см [158, 159].



2. Примем величину коэффициента вариации проектной глубины снятия верхнего слоя почвы:  $C_V^{H_{пл.сл}^{пр}} = 5\%$ , или 0,05 (что допустимо в строительстве).

3. Определим среднеквадратическое отклонение проектной толщины снятия плодородного слоя почвы. Для  $H_{пл.сл}^{пр} = 100$  см получим  $\sigma_{H_{пл.сл}^{пр}} = 100 \cdot 0,05 = 5$  см.

4. Предположим, что фактическая снятая толщина плодородного слоя почвы составляет  $H_{пл.сл}^{ф.сн} = 40$  см, а параметр  $C_V^{H_{пл.сл}^{ф.сн}}$  примем равным 5% (или 0,05). Тогда среднее квадратическое отклонение толщины снятого плодородного слоя почвы  $\sigma_{H_{пл.сл}^{ф.сн}}$ , исходя из формулы (3.1.11), будет равно 2 см.

5. Коэффициент вариации критической (минимальной) толщины снятого плодородного слоя почвы, определяемый по формуле (3.1.11):

$$C_V^{H_{пл.сл}^{кр}} = C_V^{H_{пл.сл}^{ф.сн}} = 5\% \text{ (или 0,05)}.$$

6. Критическая (минимальная) толщина снятого плодородного слоя почвы, вычисляется по формуле (4.1.12):

$$H_{пл.сл}^{кр} = \frac{\sqrt{100^2 + [25 \cdot 0,05^2 - 1](100^2 - 25 \cdot 5^2)} - 100}{25 \cdot 0,05^2 - 1} = 69,5 \text{ см.}$$

7. Среднеквадратическое отклонение критической (минимальной) толщины снятого плодородного слоя почвы, определяемое по формуле (4.1.10):

$$\sigma_{H_{пл.сл}^{кр}} = 0,05 \cdot 69,5 = 3,48 \text{ см.}$$

8. Рассчитаем по формуле (4.1.9) риск деградации оставшегося плодородного слоя почвы на полосе отвода при фактической толщине снятого слоя:

$$r = 0,5 - \Phi \left( \frac{40 - 69,5}{\sqrt{2^2 + 3,48^2}} \right) = 0,5 - \Phi(-7,35) = 0,5 + 0,49999999 = 0,9999999 \rightarrow 1$$

**Вывод.** Риск деградации оставшегося плодородного слоя почвы в результате недостаточного снятия ее верхнего слоя на среднюю глубину, равную 40 см (при проектной толщине 100 см для чернозема обыкновенного), стремится к единице. Это означает, что из 100 м<sup>3</sup> общего объема земли, который должен быть подвержен механическому нарушению, будет истощен практически весь объем оставшегося на полосе отвода плодородного слоя почвы.

**Пример II.** Когда фактическая толщина снятого верхнего слоя почвы больше проектной величины ( $H_{пл.сл.+гр}^{ф.сн} > H_{пл.сл}^{пр}$ ), риск деградации

ее плодородного слоя от механического нарушения после перемещения можно установить по зависимости

$$r = 0,5 - \Phi \left( \frac{H_{\text{пл.сл.+гр}}^{\text{кр}} - H_{\text{пл.сл.+гр}}^{\text{ф.сн}}}{\sqrt{\sigma_{H_{\text{пл.сл.+гр}}^{\text{кр}}}^2 + \sigma_{H_{\text{пл.сл.+гр}}^{\text{ф.сн}}}^2}} \right), \quad (3.1.14)$$

где  $H_{\text{пл.сл.+гр}}^{\text{кр}}$  – критическая (максимальная) толщина снятого плодородного слоя почвы с грунтом, при которой вероятность нежелательного последствия от механического нарушения равна 50%, см;  $\sigma_{H_{\text{пл.сл.+гр}}^{\text{кр}}}$  – среднеквадратическое отклонение критической (максимальной) толщины снятого плодородного слоя почвы с грунтом, см;  $\Phi(u)$  – функция Лапласа.

Показатели  $H_{\text{пл.сл.+гр}}^{\text{ф.сн}}$  и  $\sigma_{H_{\text{пл.сл.+гр}}^{\text{ф.сн}}}$  определяют в результате статистических расчетов по достаточному числу замеров толщины снятого плодородного слоя почвы с грунтом.

Критическую (максимальную) толщину снятого плодородного слоя почвы с грунтом  $H_{\text{пл.сл.+гр}}^{\text{кр}}$  и ее среднеквадратическое отклонение  $\sigma_{H_{\text{пл.сл.+гр}}^{\text{кр}}}$  устанавливаем по формулам:

$$\sigma_{H_{\text{пл.сл.+гр}}^{\text{кр}}} = C_V^{H_{\text{пл.сл.+гр}}^{\text{кр}}} \cdot H_{\text{пл.сл.+гр}}^{\text{кр}}, \quad (3.1.15)$$

где  $C_V^{H_{\text{пл.сл.+гр}}^{\text{кр}}}$  – коэффициент вариации критической (максимальной) толщины снятого плодородного слоя почвы с грунтом.

При  $C_V^{H_{\text{пл.сл.+гр}}^{\text{кр}}} \neq 0,2$ :

$$H_{\text{пл.сл.+гр}}^{\text{кр}} = 2 \cdot H_{\text{пл.сл}}^{\text{пр}} - \frac{\sqrt{(H_{\text{пл.сл}}^{\text{пр}})^2 + \left[ 25 \cdot \left( C_V^{H_{\text{пл.сл.+гр}}^{\text{кр}}} \right)^2 - 1 \right] \cdot \left( (H_{\text{пл.сл}}^{\text{пр}})^2 - 25 \cdot \sigma_{H_{\text{пл.сл}}^{\text{пр}}}^2 \right)} - H_{\text{пл.сл}}^{\text{пр}}}{25 \cdot \left( C_V^{H_{\text{пл.сл.+гр}}^{\text{кр}}} \right)^2 - 1}. \quad (3.1.16)$$

При  $C_V^{H_{\text{пл.сл.+гр}}^{\text{кр}}} = 0,2$ :

$$H_{\text{пл.сл.+гр}}^{\text{кр}} = 2 \cdot H_{\text{пл.сл}}^{\text{пр}} - \frac{(H_{\text{пл.сл}}^{\text{пр}})^2 - 25 \cdot \sigma_{H_{\text{пл.сл}}^{\text{пр}}}^2}{2 \cdot H_{\text{пл.сл}}^{\text{пр}}}. \quad (3.1.17)$$

При определении параметра  $C_V^{H_{пл.сл.+гр}^{кр}}$  считается, что плодородный слой почвы при критической (максимальной) толщине снятия обладает той же однородностью исходных компонентов, что и при фактической, т.е.

$$C_V^{H_{пл.сл.+гр}^{кр}} = C_V^{H_{пл.сл.+гр}^{ф.сн}} = \frac{\sigma_{H_{пл.сл.+гр}^{ф.сн}}}{H_{пл.сл.+гр}^{ф.сн}}. \quad (3.1.18)$$

Подкрепим и эту математическую модель (для случая, когда  $H_{пл.сл.+гр}^{ф.сн} > H_{пл.сл}^{пр}$ ) конкретным примером.

1. В проектной документации на основании предварительных изысканий обоснована проектная толщина снятия плодородного слоя почвы ( $H_{пл.сл}^{пр}$ ) для чернозема обыкновенного 100 см [159].

2. Примем величину коэффициента вариации проектной глубины снятия верхнего слоя почвы:  $C_V^{H_{пл.сл}^{пр}} = 5\%$ , или 0,05 (что допустимо в строительстве).

3. Установим среднее квадратическое отклонение проектной толщины снятия плодородного слоя почвы. Для  $H_{пл.сл}^{пр} = 100$  см получим  $\sigma_{H_{пл.сл}^{пр}} = 100 \cdot 0,05 = 5$  см.

4. Предположим, что фактическая средняя толщина снятого плодородного слоя почвы с грунтом составляет  $H_{пл.сл.+гр}^{ф.сн} = 160$  см, а параметр  $C_V^{H_{пл.сл.+гр}^{ф.сн}}$  примем равным 5% (или 0,05). Тогда среднее квадратическое отклонение толщины снятого плодородного слоя почвы с грунтом  $\sigma_{H_{пл.сл.+гр}^{ф.сн}}$ , исходя из формулы (3.1.18), будет равно 8 см.

5. Коэффициент вариации критической (максимальной) толщины снятого верхнего слоя почвы с грунтом, определяемый по формуле (4.1.18):  $C_V^{H_{пл.сл.+гр}^{кр}} = C_V^{H_{пл.сл.+гр}^{ф.сн}} = 5\%$  или 0,05.

6. Установим критическую (максимальную) толщину снятого плодородного слоя почвы по формуле (3.1.16):

$$H_{пл.сл.+гр}^{кр} = 2 \cdot 100 - \frac{\sqrt{100^2 + [25 \cdot 0,05^2 - 1](100^2 - 25 \cdot 5^2)} - 100}{25 \cdot 0,05^2 - 1} = 130,5 \text{ см.}$$

8. Среднеквадратическое отклонение (критической) максимальной толщины снятого плодородного слоя почвы, определяемое по формуле (4.1.15):

$$\sigma_{H_{пл.сл.+гр}^{кр}} = 0,05 \cdot 130,5 = 6,52 \text{ см.}$$

9. Рассчитаем по формуле (4.1.14) риск деградации плодородного слоя почвы от механического нарушения после перемещения при фактической толщине снятого верхнего слоя:

$$r = 0,5 - \Phi\left(\frac{130,5 - 160}{\sqrt{6,52^2 + 8^2}}\right) = 0,5 - \Phi(-2,86) = 0,5 + 0,4978818 = 0,99788 \rightarrow 1.$$

**В ы в о д .** Риск деградации плодородного слоя почвы от механического нарушения в результате снятия его с грунтом на среднюю глубину, равную 160 см (при проектной толщине 100 см для чернозема обыкновенного) и перемещения, стремится к единице. Это означает, что из 100 м<sup>3</sup> общего объема земли, подверженного такому механическому нарушению и перемещению, будет истощен практически весь объем снятого плодородного слоя почвы.

### **Основные выводы**

В табл. 3.1.6 представлены результаты вычисления риска деградации плодородного слоя почвы при различной фактической величине толщины снятого верхнего слоя почвы. Если фактическая средняя толщина снятого плодородного слоя почвы  $H_{пл.сл}^{ф.сн}$  будет соответствовать проектной величине  $H_{пл.сл}^{пр}$  при условии  $C_V^{H_{пл.сл}^{ф.сн}} = C_V^{H_{пл.сл}^{пр}} = 5\%$  (или 0,05), то получим величину риска  $r < 1 \cdot 10^{-4}$ . По международной шкале, величина  $r \leq 1 \cdot 10^{-4}$  соответствует умеренному риску. Поэтому допустимый риск  $r_{доп} = 1 \cdot 10^{-4}$  можно принять в качестве объективного (технического) риска в области строительства, который соответствует 85%-му уровню обеспеченности. Со временем, когда экономическое состояние страны улучшится, значение этого риска следует уменьшить до величины  $1 \cdot 10^{-5}$ . Чем меньше значение объективного риска, тем дороже обходится строительство дорог и тем совершеннее сами дороги.

На рис. 3.1.4 представлено графическое изображение результатов расчета на основе данных из табл.3.1.6. Как видно из рис. 3.1.4, кривые, соответствующие условиям  $H_{пл.сл}^{ф.сн} < H_{пл.сл}^{пр}$  и  $H_{пл.сл.+гр}^{ф.сн} > H_{пл.сл}^{пр}$ , находятся в зоне риска, превышающего допустимое значение  $r_{доп} = 1 \cdot 10^{-4}$ . Допустимая величина риска  $r_{доп} = 1 \cdot 10^{-4}$  будет соблюдаться только при условии, что  $H_{пл.сл}^{ф.сн} = H_{пл.сл}^{пр}$  и  $C_V^{H_{пл.сл}^{ф.сн}} = C_V^{H_{пл.сл}^{пр}} = 5\%$ , или 0,05.

Таблица 3.1.6

## Риск деградации плодородного слоя почвы

(при  $H_{\text{пл.сл}}^{\text{пр}} = 100$  см,  $C_V^H = 0,05$  и  $\sigma_{H_{\text{пл.сл}}^{\text{пр}}} = 5$  см для чернозема обыкновенного в IV ДКЗ)

$H_{\text{пл.сл}}^{\text{ф.сн}}$ , см	$\sigma_{H_{\text{пл.сл}}^{\text{ф.сн}}}$ , см	$C_V^{H_{\text{пл.сл}}^{\text{ф.сн}}}$	$H_{\text{пл.сл}}^{\text{кр}}$ , см	$\sigma_{H_{\text{пл.сл}}^{\text{кр}}}$ , см	$C_V^{H_{\text{пл.сл}}^{\text{кр}}}$	$H_{\text{пл.сл.}+\text{гр}}^{\text{кр}}$ , см	$\sigma_{H_{\text{пл.сл.}+\text{гр}}^{\text{кр}}}$ , см	$C_V^{H_{\text{пл.сл.}+\text{гр}}^{\text{кр}}}$	$r$	$\ln r$
40	2	0,05	69,5	3,48	0,05	-	-	-	0,9999	-0
60	3	0,05	69,5	3,48	0,05	-	-	-	0,9808	-0,019
	4	0,05	69,5	3,48	0,05	-	-	-	0,0239	-3,734
	100	5	0,05	-	-	130,5	6,52	0,05	0,00011	-9,1
120	6	0,05	-	-	130,5	6,52	0,05	0,119	-2,13	
140	7	0,05	-	-	130,5	6,52	0,05	0,8389	-0,18	
160	8	0,05	-	-	130,5	6,52	0,05	0,999	-0,0021	

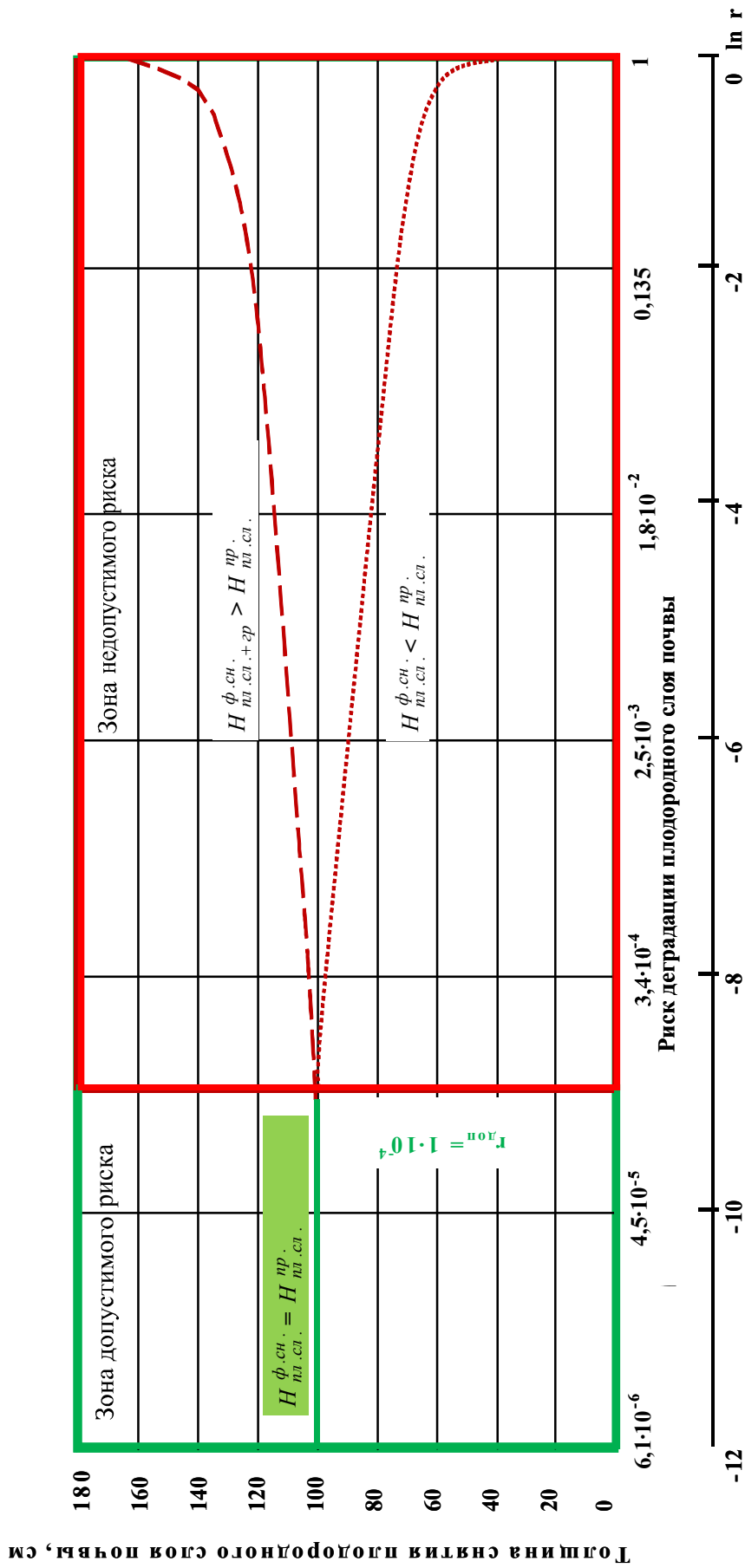


Рис. 3.1.4. Риск деградации плодородного слоя почвы от механического нарушения при  $H_{пл.сл.}^{пр.} = 100$  см,  $C_Y^{H_{пл.сл.}^{пр.}} = 5\%$  и  $\sigma_{H_{пл.сл.}^{пр.}} = 5$  см для чернозема обыкновенного в IV ДКЗ

Рассмотренные примеры показали, что опасным состоянием для анализируемой системы является как недостаточное снятие верхнего слоя почвы на полосе отвода, так и снятие всей толщины плодородного слоя с нижележащим грунтом. И в том, и другом случае риск деградации плодородного слоя почвы от механического нарушения стремится к единице. Для минимизации этого риска необходимо добиваться выполнения двух условий:  $H_{\text{пл.сл}}^{\text{ф.сн}} = H_{\text{пл.сл}}^{\text{пр}}$  и  $C_V^{H_{\text{пл.сл}}^{\text{ф.сн}}} = C_V^{H_{\text{пл.сл}}^{\text{пр}}} = 5\%$ , или 0,05.

### 3.1.3. Применение теоретико-вероятностного подхода при оценке отрицательного шумового воздействия на человека от работы дорожно-строительной машины

В настоящее время в рамках закона «О техническом регулировании» наиболее остро стоит проблема разработки технических регламентов, одной из целей которых является защита жизни или здоровья граждан, а также охрана окружающей среды.

Известно, что производство некоторых видов работ применительно к дорожному хозяйству сопровождается возникновением шума, вредно действующего и на окружающую среду, и на человека. Работа дорожно-строительной техники в дневное и ночное время вызывает механические колебания их узлов и деталей, что приводит к колебаниям воздуха и появлению звуков различной частоты и интенсивности. Таким образом, возникает производственный шум, представляющий собой сочетание звуков различной частоты и интенсивности, беспорядочно изменяющихся во времени. Вредное воздействие шума сказывается в первую очередь на органах слуха, сопровождается головокружением, головными болями, повышается уровень производственного травматизма по причине нарушения внимания, точности и координации движений и др.

В рамках данной проблемы выходят в свет различные документы, задачей которых является разработка мероприятий по снижению шумового воздействия от строительных работ. В частности Правительством Москвы разработано Постановление № 896-ПП от 16.10.2007 г. «О Концепции снижения уровней шума и вибраций в г. Москве», в котором сказано, что в целях снижения шумового воздействия строительных работ необходимо вносить поправки в законодательные акты. Особенный акцент ставится на соблюдении требований по обеспечению необходимой шумозащиты при ведении строительных работ. Понятно, что такая проблема актуальна не только на территории России, но и во всем мире.

Способы, определяющие снижение шума от работы дорожно-строительной машины на пути его распространения, в основном базируются на детерминированном подходе. Однако рядом ученых установлено, что

недопустимо использовать в различных моделях только средние показатели характеристик без учета их среднеквадратических отклонений и коэффициентов вариации.

Поэтому следует учитывать, что результаты измерения распределяются по какому-либо закону теории вероятности (нормальному, Вейбулла и др.).

В связи с этим целесообразно в направлении совершенствования теоретических основ экологической безопасности автомобильных дорог опираться на вероятностно-статистические методы, в частности на изучение вероятностной сущности шумового воздействия от работы строительной машины. Для оценки степени шумового загрязнения предлагается использовать в виде качественной инженерной характеристики риск возникновения негативных последствий для человека, подверженного шумовому воздействию от работы дорожно-строительной машины. Это позволит прогнозировать снижение или увеличение уровня шумового загрязнения окружающей среды от работы дорожно-строительной техники и назначить необходимые и обоснованные мероприятия по обеспечению необходимой шумозащиты при ведении строительных работ.

Для обоснования закона распределения характеристик звука от дорожно-строительной машины выполним некоторые преобразования со следующими исходными данными. Во время выполнения работ по строительству автомобильной дороги была произведена технологическая операция по замеру уровня звука, создаваемого от работы автогрейдера на строительной площадке. Уровни звука были измерены на шести различных площадках, в различное время суток, в семи метрах от источника звука (табл.3.1.7).

Т а б л и ц а 3.1.7

Фактические уровни звука от автогрейдера в течение рабочей смены на строительных площадках

№ строительной площадки	Уровень звука, дБ, замеренные в течение рабочей смены на расстоянии 7 м от источника шума,					
1	76	78	80	82	85	84
2	78	76	77	82	83	85
3	89	80	80	89	83	86
4	79	80	80	79	83	85
5	88	85	82	87	85	85
6	83	82	84	83	85	82

В табл. 3.1.8 приведена статистическая обработка уровня звука от автогрейдера при работе на строительной площадке.



Таблица 3.1.8

## Статистическая обработка уровня шума

Разряды интервалов в	Середина разряда $U_m$	Абсолютная частота, $h_m$	Частичная сумма, $S_m$	Накопленная частота, $T$	Середина условного интервала, $l_m$	Произведения		
						$l_m h_m$	$l_m^2$	$l_m^2 h_m$
1	2	3	4	5	6	7	8	9
75-78	76,5	5	5	5	-2	-10	4	20
78-81	79,5	7	12	17	-1	-7	1	7
81-84	82,5 = $X_A$	12	24	41	0	0	0	0
84-87	85,5	9	33	74	1	9	1	9
87-90	88,5 = $U_K$	3	36	110	2	6	4	12
$d=3$		$n=36$	$M=110$	$\sum T=247$		$B=-2$		$A=48$

Определяем среднее значение и среднеквадратическое отклонение уровня звука.

Метод суммирования:

✓ среднее значение

$$Y_{\text{cp}} = U_K - d \left( \frac{M}{n} - 1 \right) = 88,5 - 3 \left( \frac{110}{36} - 1 \right) = 82,3 \text{ дБ};$$

✓ дисперсия

$$\sigma_Y^2 = \frac{d^2}{n-1} \left( 2 \sum T - M - \frac{M^2}{n} \right) = \frac{3^2}{36-1} \left( 2 \cdot 247 - 110 - \frac{110^2}{36} \right) = 12,3 \text{ дБ};$$

✓ среднеквадратическое отклонение  $\sigma_H = 3,5$  дБ.

Мультипликативный метод:

✓ среднее значение

$$Y_{\text{cp}} = X_A + \frac{d}{n} B = 82,5 + \frac{3}{36} \cdot (-2) = 82,3 \text{ дБ};$$

✓ дисперсия

$$\sigma_Y^2 = \frac{d^2}{n-1} \left( A - \frac{B^2}{n} \right) = \frac{3^2}{36-1} \left( 48 - \frac{3^2}{36} \right) = 12,3;$$

✓ среднеквадратическое отклонение  $\sigma_Y = 3,5$  дБ.

Сравнение эмпирического распределения с теоретическим по критерию Пирсона представлено в табл.3.1.9.

Т а б л и ц а 3.1.9

Сравнение фактического распределения звука  
с законом нормального распределения

Разряды интервалов	Абсолютная частота, $h_m$	Вероятность попадания измерений в разряд, $P_i$	Теоретическое количество измерений в разряде ( $n_i=P_i \cdot n$ )	$\chi^2 = \frac{(h_m - n_i)^2}{n_i}$
<75	0	0,0167	0,6012	0,6012
75-78	5	0,0910	3,2760	0,9073
78-81	7	0,2427	8,7372	0,3454
81-84	12	0,3324	11,966	0,0001
84-87	9	0,2238	8,0568	0,1104
87-90	3	0,0775	2,7900	0,0158
>90	0	0,0134	0,4824	0,4824
$d=3$	$n=36$	$\sum P_i=0,9975$		$\sum \chi^2=2,4626$

Вероятность  $P_i$  в табл. 3.1.9 вычисляли по формуле Симпсона:

$$P_i = \int_a^b f(x) dx = \frac{b-a}{6 \cdot m} [(y_0 + y_{2m}) + 2(y_2 + y_4 + \dots + y_{2m-2}) + 4(y_1 + y_3 + \dots + y_{2m-1})]. \quad (3.1.19)$$

В формуле (3.1.19) применяли параметр  $m=2$ . Тогда

$$P_i = \frac{b-a}{12} [(y_0 + y_4) + 2 \cdot y_2 + 4(y_1 + y_3)], \quad (3.1.20)$$

где  $b$  и  $a$  – правая и левая граница уровня звука в разрядах интервалов (см. табл. 3.1.9);  $y_0, y_1, \dots, y_4$  – ординаты точек, определяемые по формуле

$$y = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \cdot e^{-\frac{(L_i - L_{cp})^2}{2\sigma^2}} \Big|_a \quad (3.1.21)$$

При сравнении с нормальным законом распределения также применяли формулу вида

$$P_i = \Phi\left(\frac{L_{i+1} - L_{cp}}{\sigma_L}\right) - \Phi\left(\frac{L_i - L_{cp}}{\sigma_L}\right), \quad (3.1.22)$$

где  $\Phi(u)$  – функция Лапласа;  $L_i$  и  $L_{i+1}$  – левая и правая граница уровня звука в разрядах (см. табл.3.1.9);  $L_{cp}$  и  $\sigma_L$  – средний уровень звука и среднеквадратическое отклонение уровня звука.

На рис. 3.1.5 показано сравнение гистограммы шумового воздействия с плотностью нормального распределения.

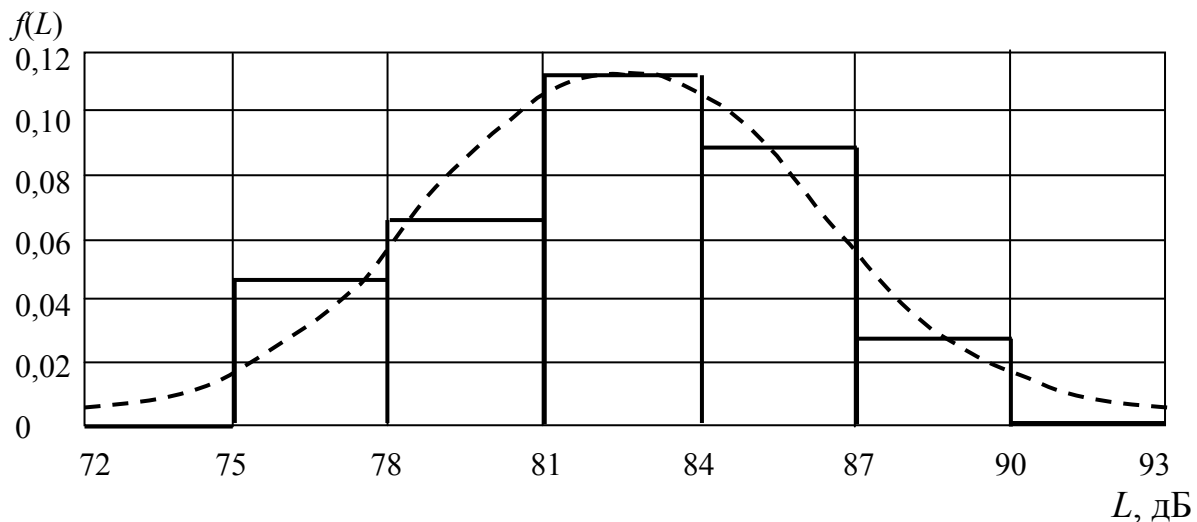


Рис. 3.1.5. Гистограмма уровня звука (—) и плотность нормального распределения (- - -)

Для теоретического распределения число степеней свободы определяли

$$\nu = k - r, \quad (3.1.23)$$

где  $k$  – число разрядов (в табл.3.1.9  $k = 7$ );  $r$  – число наложенных связей (для нормального закона распределения  $r=3$ ).

Получаем  $\nu = 7 - 3 = 4$ . Из таблиц  $\chi^2$ -распределения [1] при  $\chi^2 = 2,4626$  и  $\nu = 4$  выбирается вероятность распределения, по которой устанавливается вероятность соответствия теоретического закона распределения результатам измерений (гистограмме):

- отличное соответствие при  $P > 0,5$ ;
- хорошее соответствие при  $P = 0,3 \div 0,5$ ;
- удовлетворительное соответствие при  $P = 0,1 \div 0,3$ ;
- неудовлетворительное соответствие при  $P < 0,1$ .

Так как для приведенного выше примера  $P = 0,9975$ , то соответствие фактической кривой распределения уровня звука нормальному распределению следует считать отличным.

Для сравнения теоретического и эмпирического распределения использовали также критерий Романовского

$$R = \frac{\chi^2 - \nu}{\sqrt{2\nu}}. \quad (3.1.24)$$

Если критерий Романовского меньше 3, то гипотеза о соответствии фактической кривой распределения теоретическому закону распределения принимается. В противном случае при  $R \leq 3$  делается вывод, что выбранный теоретический закон распределения не соответствует результатам измерения.

Согласно этому критерию имеем

$$R = \frac{2,4626^2 - 4}{\sqrt{2 \cdot 4}} = 0,73.$$

Так как  $0,73 < 3$ , то нормальное распределение согласуется с результатами экспериментальных исследований.

Таким образом, на примере работы на строительной площадке автогрейдера было установлено, что при исследовании вероятности шумового воздействия от работы дорожно-строительной машины при ее работе на стройплощадках может быть использована теория риска, не противоречащая нормальному закону распределения. Такой подход позволит оценить вероятность (риск) возникновения шумового воздействия от дорожно-строительной машины и назначить необходимые мероприятия для смягчения или устранения шумового воздействия на окружающую среду в период работы дорожно-строительной машины на стройплощадках.

### 3.1.4. Оценка степени риска отрицательного шумового воздействия на человека при производстве дорожных работ (с изменениями и дополнениями автора)

Опасным состоянием для акустической среды является достижение определенной степени шума от работы дорожно-строительной машины на стройплощадке. Поэтому под риском, или вероятностью, отрицательного шумового воздействия на человека от работы дорожно-строительной машины на месте производства работ будем понимать отношение числа людей ( $N_{II}$ ), пострадавших от шумового загрязнения (например, глухота) к общему числу людей ( $N_O$ ), находящихся вблизи территории строительства и постоянно (или периодически) испытывающих шумовое воздействие от работы дорожно-строительной машины, т.е.

$$r = \frac{N_{II}}{N_O}. \quad (3.1.25)$$

Риск отрицательного шумового воздействия на человека от работы дорожно-строительной машины можно установить по зависимости

$$r = 0,5 - \Phi \left( \frac{Y_{50}^{\max} - Y_{\Phi}}{\sqrt{\sigma_{Y_{50}^{\max}}^2 + \sigma_{Y_{\Phi}}^2}} \right), \quad (3.1.26)$$

где  $r$  – вероятность (риск) возникновения последствий по причине шумового загрязнения от работы дорожно-строительной машины;  $Y_{50}^{\max}$  – критический уровень постоянного шума, при котором вероятность нежелательного последствия от шумового загрязнения равна 50 %, дБ;  $Y_{\Phi}$  – факти-

ческий средний уровень шума, дБ;  $\sigma_{y\phi}$  – среднеквадратическое отклонение фактического уровня шума, дБ;  $\sigma_{y_{50}^{\max}}$  – среднеквадратическое отклонение максимального уровня шума, дБ;  $\Phi(U)$  – функция Лапласа (интеграл вероятности).

Фактический коэффициент вариации уровня шума устанавливают по зависимости

$$C_V = \frac{\sigma_{y\phi}}{Y_\phi}, \quad (3.1.27)$$

а параметр  $\sigma_{y_{50}^{\max}}$  по условию

$$\sigma_{y_{50}^{\max}} = C_V \cdot Y_{50}^{\max}. \quad (3.1.28)$$

Такое решение основано на том, что в одном расчёте параметры фактического и критического уровней шума должны принадлежать к одной совокупности (быть сопоставимыми).

Показатели  $Y_\phi$  и  $\sigma_{y\phi}$  определяют в результате статистических расчетов по достаточному числу замеров уровня звука на расстоянии 7,0–7,5 метра от источника шума. Если до охраняемого объекта – жилого или общественного здания, лечебного корпуса или зоны отдыха и др. – расстояние больше, чем 7,5 метра, то значение фактического среднего уровня звука вычисляют в соответствии с этим расстоянием по известным математическим моделям. Например, по математическим моделям д.т.н. Мининой Н.Н. [154] получают уровни шума на определённых расстояниях ( $R$ ) от строительной площадки и/или транспортного потока при наличии или отсутствии акустического экрана и других инженерных решений. Примеры математических моделей д.т.н. Мининой Н.Н. показаны в табл. 3.1.10. Результаты расчёта по этим моделям используют в расчёте риска причинения вреда человеку по формуле (3.1.26).

Формулы теории риска позволяют по значению предельно допустимого уровня (ПДУ) устанавливать такой уровень шумового загрязнения ( $Y_{50}^{\max}$ ), при котором вероятность отрицательного шумового воздействия на человека (нарушение слуха, утомляемость, психоз) равна 50%.

По параметру  $Y_{50}^{\max}$  определяется степень отрицательного воздействия на человека при любом фактическом уровне шума ( $Y_\phi$ ) на расстоянии  $R$  от источника звуков до охраняемого объекта. Например, если риск отрицательного шумового воздействия на человека равен  $8 \cdot 10^{-2}$ , то это означает, что 8 человек из 100 пострадали от воздействия данного шумового загрязнения.

В табл.3.1.10 показаны примеры расчётных формул, позволяющих определять уровень звука на известном расстоянии  $R$  от работающей

строительной техники на стройплощадках и от транспортного потока до охраняемого объекта (общественное здание, жилая застройка), полученных д.т.н. Мининой Н.Н. [124].

Параметры  $Y_{50}^{\max}$  и  $\sigma_{Y_{50}^{\max}}$  устанавливают по формулам теории риска в зависимости от предельно-допустимого уровня (ПДУ) и величины коэффициента вариации фактического уровня шума ( $C_V$ ) по формулам:

✓ при  $C_V \neq 0,2$

$$Y_{50}^{\max} = 2 \cdot \text{ПДУ} - \frac{\sqrt{(\text{ПДУ})^2 + [25(C_V)^2 - 1][(\text{ПДУ})^2 - 25\sigma_{\text{ПДУ}}^2]} - \text{ПДУ}}{25(C_V)^2 - 1}; \quad (3.1.29)$$

✓ при  $C_V = 0,2$

$$Y_{50}^{\max} = 2 \cdot \text{ПДУ} - \frac{(\text{ПДУ})^2 - 25 \cdot \sigma_{\text{ПДУ}}^2}{2 \cdot \text{ПДУ}}, \quad (3.1.30)$$

где ПДУ – предельно допустимый уровень шума, дБ;  $\sigma_{\text{ПДУ}}$  – допустимое среднеквадратическое отклонение на ПДУ, дБ.

Рассмотрим предложенную методику на примере работы автогрейдера на строительной площадке.

1. В соответствии с СН 2.2.4/2.1.8.562-96 для водителей и обслуживающего персонала тракторов, самоходных шасси, прицепных и навесных сельскохозяйственных машин, строительно-дорожных и других аналогичных машин предельно-допустимый эквивалентный уровень звука (ПДУ) равен 80 дБ из расчета 8-часового рабочего дня. В этом случае допускается принимать эквивалентные уровни звука с поправкой на 5 дБА, т.е.  $\sigma_{\text{ПДУ}} = 5$  дБ. Для территории жилой застройки предельно допустимый эквивалентный уровень звука (ПДУ) равен 55 дБ (с 7:00 до 23:00).

Используя нормированные значения допусков, определим риск, показывающий возможность пострадать от шумового воздействия людей, работающих на стройплощадке, и людей, проживающих и/или часто пребывающих в зданиях, расположенных на расстоянии 11,7 метра от работающих дорожно-строительных машин.

2. В качестве исходных данных будем использовать замеры уровня звука от работающего автогрейдера на расстоянии 7,5 м в течение рабочей смены (см. табл. 3.1.8).

3. В результате статистической обработки исходных данных (см. табл. 3.1.8) методом суммирования и мультипликативным методом, установили, что фактический средний уровень шума ( $Y_{\phi}$ ) соответствует 82,3 дБ, а среднее квадратическое отклонение фактического уровня шума ( $\sigma_{Y_{\phi}}$ ) равно 3,5 дБ. Вывод. Среднее значение фактического уровня шума на стройплощадке несколько больше предельно допустимого значения

(82,3>80 дБ), а среднеквадратическое отклонение этого показателя несколько меньше допуска на отклонение (3,5<5 дБ).

Т а б л и ц а 3.1.10

Распространение звука от стройплощадки и/или транспортного потока до охраняемого объекта

№ п/п	Описание расчётной схемы	Математическая модель для определения уровня шума на известном расстоянии $R$ от источника звука
1	Распространение звука от источника, расположенного в одном уровне с охраняемым объектом при отсутствии акустического экрана и инженерных решений, препятствующих распространению звука	$Y_{\phi} = Y_{7,5} + 10 \cdot \lg \left( \operatorname{arctg} \frac{l}{2 \cdot R} \right) - 10 \cdot \lg \left( \frac{R}{r_0} \right) -$ $- 10 \cdot \lg \left( \operatorname{arctg} \frac{l}{2 \cdot r_0} \right)$
2	Распространение звука от источника, расположенного в одном уровне с охраняемым объектом при наличии акустического экрана, расположенного на расстоянии $R_3$ от охраняемого объекта	$Y_{\phi} = Y_{7,5} + 10 \cdot \lg (1 - \alpha_{\text{эк}}) + 10 \cdot \lg (\beta_{\text{дифр}}^{\text{экр}}) + 10 \cdot \lg \left( \frac{\lambda}{h_{\text{экр}}} \right) -$ $- 10 \cdot \lg \left( \frac{\sqrt{h_{\text{экр}}^2 + R_3^2}}{r_0} \right) + 10 \cdot \lg \left( \operatorname{arctg} \left( \frac{l_{\text{экр}}}{2 \cdot h_{\text{эф}}^{\text{экр}}} \right) \right) -$ $- 10 \cdot \lg \left( \operatorname{arctg} \frac{l_{\text{экр}}}{\sqrt{h_{\text{экр}}^2 + R_3^2}} \right) - 10 \cdot \lg \left( \operatorname{arctg} \frac{l}{2 \cdot r_0} \right) - 5$
3	Описание параметров в математических моделях	<p><math>Y_{7,5}</math> – фактический уровень шума, измеренный на расстоянии 7,5 м от его источника, дБ; <math>R</math> – расстояние от источника шума до охраняемого объекта, м; <math>r_0=7,5</math> м; <math>R_3</math> – расстояние от акустического экрана до охраняемого объекта (при этом <math>R=R_3+r</math>); <math>\alpha_{\text{эк}}</math> – коэффициент звукопоглощения акустического экрана; <math>\beta_{\text{дифр}}^{\text{экр}} = 1/(2 \cdot \pi)</math> – коэффициент дифракции акустического экрана; <math>h_{\text{экр}}</math> – высота акустического экрана, м; <math>h_{\text{эф}}^{\text{экр}} = h_{\text{экр}}</math> – в случае расположения источника шума, экрана и охраняемого объекта в одном уровне; <math>l_{\text{экр}}</math> – длина экрана, м; <math>l</math> – длина пачек автомобилей в транспортном потоке или длина работающего источника шума, м; <math>\lambda</math> – длина звуковой волны, м</p>

4. Коэффициент вариации фактического шумового загрязнения ( $C_V$ )? рассчитываемый с использованием формулы (3.1.27), равен:

$$C_V = \frac{3,5}{82,3} = 0,042.$$

5. По формуле (3.1.29) определим критический уровень длительного шумового загрязнения на расстоянии 7,5 метра от автогрейдера, при котором вероятность нежелательного последствия для человека равна 50%:

$$Y_{50}^{\max} = 2 \cdot 80 - \frac{\sqrt{(80)^2 + [25(0,042)^2 - 1][(80)^2 - 25 \cdot 4,00^2]} - 80}{25 \cdot 0,042^2 - 1} = 103,3 \text{ дБ.}$$

6. Среднеквадратическое отклонение критического уровня шума вычислим по формуле (3.1.28):

$$\sigma_{Y_{50}^{\max}} = 0,042 \cdot 103,3 = 4,34 \text{ дБ.}$$

7. При фактическом шумовом загрязнении  $Y_{\phi} = 82,3$  дБ риск возникновения последствий для человека, работающего на стройплощадке, по причине шумового загрязнения от работающего автогрейдера определим по формуле (3.1.26):

$$r = 0,5 - \Phi\left(\frac{103,3 - 82,3}{\sqrt{4,34^2 + 3,5^2}}\right) = 0,5 - \Phi(3,77) = 0,5 - 0,49992 = 8 \cdot 10^{-5}$$

**В ы в о д .** Восемь из 100 тысяч работающих людей на стройплощадке (водители-механизаторы, дорожные рабочие, мастера и другие сотрудники строительной организации) могут пострадать от шумового воздействия, вызванного работающим автогрейдером. Допустимая величина риска для людей, пребывающих на стройплощадке, ( $1 \cdot 10^{-4}$ ) незначительно превышает фактическое значение риска, несмотря на то, что уровень шума на стройплощадке (82,3 дБ) превышает предельно допустимое значение (80 дБ).

Определим значение риска причинения вреда людям, работающим на стройплощадке, при реализации предельно допустимого уровня звука, установленного в нормативном документе СН 2.2.4/2.1.8.562-96 (80 дБ и 3,36 дБ):

$$r_{\text{дон}} = 0,5 - \Phi\left(\frac{103,3 - 80,0}{\sqrt{4,34^2 + 3,36^2}}\right) = 0,5 - \Phi(4,24) = 0,5 - 0,499988 = 1,2 \cdot 10^{-5}.$$

**В ы в о д .** Если бы на данной стройплощадке уровень шума не превысил предельно допустимое значение, то вероятность причинения вреда людям, работающим вблизи автогрейдера, была бы значительно меньше по сравнению с фактической вероятностью.

8. Определим уровень шума непосредственно у стен зданий (и в зданиях при открытых окнах), расположенных на расстоянии 11,7 метра от



работающего автогрейдера. Воспользовавшись первой формулой в табл.3.1.10, получаем:

$$\begin{aligned}
 Y_{\Phi(11,7)} &= Y_{7,5} + 10 \cdot \lg\left(\arctg \frac{l}{2 \cdot R}\right) - 10 \cdot \lg\left(\frac{R}{r_0}\right) - 10 \cdot \lg\left(\arctg \frac{l}{2 \cdot r_0}\right) = \\
 &= 82,3 + 10 \cdot \lg\left(\arctg \frac{16,8}{2 \cdot 11,7}\right) - 10 \cdot \lg\left(\frac{11,7}{7,5}\right) - \\
 &\quad - 10 \cdot \lg\left(\arctg \frac{16,8}{2 \cdot 7,5}\right) = 79,06 \approx 79,0 \text{ дБ.}
 \end{aligned}$$

**В ы в о д .** Данный уровень шума превышает допустимый уровень шума для территории жилой застройки (79,0 > 55 дБ).

Определяем риск причинения вреда жителям данного участка улицы в той же последовательности:

$$Y_{50}^{\max} = 2 \cdot 55 - \frac{\sqrt{(55)^2 + [25(0,042)^2 - 1]} [(55)^2 - 25 \cdot 5,00^2] - 55}{25 \cdot 0,042^2 - 1} = 91,24 \text{ дБ;}$$

$$\sigma_{Y_{50}^{\max}} = 0,042 \cdot 91,24 = 3,83 \text{ дБ;}$$

$$\begin{aligned}
 r_{\text{доп}} &= 0,5 - \Phi\left(\frac{91,24 - 79,06}{\sqrt{3,83^2 + 3,32^2}}\right) = 0,5 - \Phi(2,40) = 0,5 - 0,4919 = \\
 &= 0,0081 = 8,1 \cdot 10^{-3}.
 \end{aligned}$$

При таком решении производства работ (без звукопоглощающего ограждения) риск причинения вреда жителям будет соответствовать наличию 8 пострадавших из каждой 1000 жителей данного участка улицы. Такой риск явно недопустим, как и недопустим уровень шума.

9. Для уменьшения воздействия шумового загрязнения на людей, находящихся (или проживающих) вблизи строительной площадки, необходимо предусмотреть на стадии строительства звукопоглощающее ограждение, например мобильный акустический экран, как наиболее эффективный и рациональный способ защиты от шума при строительстве автомобильной дороги. Мобильный акустический экран (МАЭ) представляет собой сборно-разборную металлическую конструкцию, состоящую из вертикальных стоек, горизонтальных профилей звукопоглощающих панелей и бетонного основания. Например, На Шафировском проспекте в г. Санкт-Петербурге применялся сборно-разборный мобильный Г-образный акустический экран (АЭ) высотой 4 м и длиной 125 м. Опытные данные показали, что такой АЭ обеспечивает уменьшение уровня звукового давления не менее чем на 15 дБ в диапазоне частот 63 – 8000 Гц.

Поэтому, применяя акустический экран на участке производства работ, по второй формуле в табл. 3.1.10, получаем:

$$\begin{aligned}
 Y_{\phi} &= Y_{7,5} + 10 \cdot \lg(1 - \alpha_{\text{эк}}) + 10 \cdot \lg(\beta_{\text{дифр}}^{\text{экп}}) + 10 \cdot \lg\left(\frac{\lambda}{h_{\text{экп}}}\right) - \\
 &\quad - 10 \cdot \lg\left(\frac{\sqrt{h_{\text{экп}}^2 + R_3^2}}{r_0}\right) + 10 \cdot \lg\left(\arctg\left(\frac{l_{\text{экп}}}{2 \cdot h_{\text{эф}}}\right)\right) - \\
 &\quad - 10 \cdot \lg\left(\arctg\frac{l_{\text{экп}}}{\sqrt{h_{\text{экп}}^2 + R_3^2}}\right) - 10 \cdot \lg\left(\arctg\frac{l}{2 \cdot r_0}\right) - 5 = \\
 &= 82,3 + 10 \cdot \lg(1 - 0,35) + 10 \cdot \lg(0,159) + 10 \cdot \lg\left(\frac{3,4}{4,0}\right) - 10 \cdot \lg\left(\frac{\sqrt{4^2 + 3,25^2}}{7,5}\right) + \\
 &\quad + 10 \cdot \lg\left(\arctg\frac{185}{2 \cdot 4}\right) - 10 \cdot \lg\left(\arctg\frac{185}{\sqrt{4^2 + 3,25^2}}\right) - 10 \cdot \lg\left(\arctg\frac{16,8}{2 \cdot 7,5}\right) - 5 = \\
 &= 82,3 - 1,87 - 7,99 - 0,71 + 1,63 + 19,42 - 19,46 - 16,83 - 5 = 51,49 \approx 51,5 \text{ дБ}.
 \end{aligned}$$

**Выводы:** 1. В данном расчёте необходимо учесть, что отражение звука от стены жилого здания увеличивает уровень шума у стены на 3дБ, а коэффициент вариации уровня шума у стены возрастает при этом до значения  $C_V^{\phi} = 0,15$ . Поэтому вводим данные поправки в результаты расчёта:  $Y_{\phi(\text{испр})} = 51,5 + 3 = 54,5$  дБ;  $\sigma_{Y_{\phi}} = 0,15 \cdot 54,5 = 8,18$  дБ.

2. Устройство акустического экрана высотой 4 метра и длиной 185 метров снижает уровень шума у стен зданий до 54,5 дБ при предельно допустимом уровне шума 55 дБ.

Такое решение приводит к следующему значению риска причинения вреда жителям и постоянно пребывающим в этом месте города людям:

$$r_{\text{факт}} = 0,5 - \Phi\left(\frac{91,24 - 54,5}{\sqrt{3,83^2 + 8,18^2}}\right) = 0,5 - \Phi(4,07) = 0,5 - 0,499976 = 2,4 \cdot 10^{-5}.$$

**Вывод.** Такой уровень шума для жителей города (работников офисов, магазинов и жильцов зданий) является приемлемым, так как допустимый риск  $r_{\text{дон}} = 1 \cdot 10^{-4}$  несколько больше фактического риска.

**Заключение.**

1. Шумовое отрицательное воздействие от работы автогрейдера с последствиями для органа слуха практически устранено.

2. Такой подход позволяет оценить вероятность (риск) возникновения шумового загрязнения от работы дорожно-строительной машины и назначить необходимые шумозащитные мероприятия для смягчения или

устранения шумового воздействия на окружающую среду при работе дорожно-строительной техники.

3. Для более эффективного снижения воздействия шумового загрязнения непосредственно для водителей и операторов дорожно-строительной машины и иных рабочих, находящихся на территории строительной площадки, необходимо предусмотреть средства индивидуальной защиты, а также защиту экранами, расстоянием и сокращением временем воздействия шума.

### 3.2. Методика оценки шумового воздействия от транспортного потока при эксплуатации автомобильной дороги (с изменениями и дополнениями автора)

#### 3.2.1. Исследование шумовых характеристик от транспортного потока с позиции теории риска

Автомобильные дороги относятся к экологически опасным объектам, одной из причин чему являются негативные воздействия автомобильного транспорта на окружающую среду, приводящие к увеличению опасности неизлечимых заболеваний людей и животных, загрязнению почв и воздуха, угасанию растительности и снижению воспроизводства микроорганизмов.

В Государственном докладе «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2005 году», подготовленном Госкомстатом России на основании официальной статистической информации, отмечено, что автомобильный транспорт остается основным загрязнителем атмосферного воздуха. На его долю приходится около 95 % объема вредных выбросов от транспортного комплекса страны и примерно 42 % суммарных выбросов всех отраслей экономики.

Наряду с загрязнением воздуха шум от автотранспортных средств, как один из наиболее опасных параметрических (энергетических) загрязнений окружающей среды, стал не менее распространенным следствием технического прогресса. Доля автомобильного транспорта в шумовом воздействии на население городов составляет 85-95 %.

Воздействие транспортного шума на окружающую среду и среду обитания человека стало проблемой. Человек может переносить без особых последствий в течение продолжительного времени шум в 20-25 дБА, причем находясь в здоровом состоянии начинает ощущать действие шума с 35 дБА, а в больном – с 30 дБА. В России около 40 млн. человек проживает в условиях шумового дискомфорта и испытывает воздействие шума более 65 дБА, в то время как предельно допустимый уровень (ПДУ) согласно СНиП 11-12-77 и СН 2.24/2.1.8.562-96 считается 60 дБА для территории, непосредственно прилегающей к жилым домам. Примерно

10–15 млн человек, проживающих на примагистральных территориях, подвержены повышенному риску необратимой потери здоровья.

Способы, определяющие снижение шума от транспортного потока на пути его распространения, в основном базируются на детерминированном подходе, в то время как рядом ученых установлено, что недопустимо использовать в различных моделях только средние показатели характеристик без учета их среднеквадратических отклонений и коэффициентов вариации. То есть следует учитывать, что результаты измерения распределяются по какому-либо закону теории вероятности (нормальному, Вейбулла и др.).

В связи с этим целесообразно в направлении совершенствования теоретических основ экологической безопасности автомобильных дорог опираться на вероятностно-статистические методы, в частности на изучение вероятностной сущности шумовой характеристики. Это позволит прогнозировать снижение или увеличение уровня шумового загрязнения окружающей среды от автотранспортных средств.

Для обоснования закона распределения шумовой характеристики от автомобильного транспорта в качестве исходных данных были использованы экспериментальные исследования, выполненные ГУП НИиПИ Генплана Москвы. Шумовые характеристики автотранспортных потоков на основных транспортных магистралях Одинцовского района на существующий период времени приведены в табл. 3.2.1.

В соответствии с ГОСТ 20444–85 под шумовой характеристикой автомобильного транспорта следует понимать эквивалентный уровень звука, устанавливаемый в 7,5 м от оси первой полосы движения транспорта на высоте 1,5 м от поверхности земли. Исходя из условий движения транспортных средств, на улично-дорожной сети шумовая характеристика устанавливается для дневного периода времени (с 7:00 до 23:00). Эквивалентный уровень звука определяется расчетным путем в зависимости от интенсивности движения всех типов транспортных средств в час пик, средней скорости транспортного потока, и доли грузового и общественного транспорта в общем потоке транспорта.

Т а б л и ц а 3.2.1

Расчетные шумовые характеристики транспортных потоков

№ п/п	Наименование магистралей. Номера участков улично-дорожной сети	Шумовая характеристика, дБА
1	2	3
Автодорога Москва – Минск		
1	1-2	76
2	2-3-4	78
3	4-5	80
4	5-6	81
Можайское шоссе		
5	5-7	78
6	7-8-9	76

Продолжение табл. 3.2.1

1	2	3
7	9-10-11	77
8	11-12	72
9	12-13	73
10	13-14-15	65
Успенское шоссе		
11	16-17-18	69
12	18-19-20	70
13	20-21	70
14	21-22	69
15	22-24-25	63
16	25-26	65
1-ое Успенское шоссе		
17	8-38-22	70
2-ое Успенское шоссе		
18	9-24	69
Красногорское шоссе		
19	20-27-7	70
Подушкинское шоссе		
20	18-7	70
Автодорога на водопроводную Рублевскую станцию		
21	5-17	53
МКАД		
22	28-6-16-29	86
Ильинское шоссе		
23	19-30	66
Звенигородское шоссе		
24	11-31	71
25	31-32-33	68
ММБК (Малая Московская бетонная кольцевая автодорога)		
26	33-34	74
27	34-35	72
28	3-37	76
Петровское шоссе		
29	3-10	74
1	2	3
В районе Синьково		
30	34-36	69
В районе Синьково – Ивановка – Николина Гора		
31	22-23	72
В районе Солослово – Бол. Сареево		
32	20-38	62
В районе Подушкино-Троицкое – Луцино		
33	14-39	62
В районе Кубинка 1-я		
34	13-40	74

## Окончание табл. 3.2.1

1	2	3
В районе Старый Городок – Никольское		
35	40-41	68
В районе Клин		
36	41-42-39	61
В районе Д.О. Покровское		
37	42-43-12	57
В районе Клопово		
38	32-39	66
Автодорога на Нарофоминск		
39	2-44	70
В районе Локотня		
40	54-45	64
В районе Каринское – Савинская Слобода – Ершово		
41	45-46-47-48-49-50	66
В районе Кораллово		
42	49-51	57
В районе Сергиево – Хаустово		
43	46-52	57
В районе Дьяконово – Михайловское		
44	45-53	59

Статистическая обработка шумовой характеристики от автотранспортного потока приведена в табл. 3.2.2.

Таблица 3.2.2

## Пример статистической обработки шумовой характеристики

Разряды интервалов	Середина разряда $U_m$	Абсолютная частота $h_m$	Частичная сумма $S_m$	Накопленная частота $T$	Середина условного интервала $l_m$	Произведения		
						$l_m h_m$	$l_m^2$	$l_m^2 h_m$
50-55	53	1	1	1	-3	-3	9	9
55-60	58	4	5	6	-2	-8	4	16
60-65	63	7	12	18	-1	-7	1	7
65-70	67,5 = $X_A$	15	27	45	0	0	0	0
70-75	73	8	35	80	1	8	1	8
75-80	78	7	42	122	2	14	4	28
80-85	83	1	43	165	3	3	9	9
85-90	87,5 = $U_K$	1	44	209	4	4	16	16
$d=5$		$n=44$	$M=209$	$\sum T=646$		$B=11$		$A=93$

Выполним обработку данных табл. 3.2.2 с использованием известных приемов математической статистики:

Метод суммирования:

✓ среднее значение

$$L_{cp} = U_K - d \left( \frac{M}{n} - 1 \right) = 87,5 - 5 \left( \frac{209}{44} - 1 \right) = 68,75 \text{ дБА};$$

✓ дисперсия

$$\sigma_L^2 = \frac{d^2}{n-1} \left( 2 \sum T - M - \frac{M^2}{n} \right) = \frac{5^2}{44-1} \left( 2 \cdot 646 - 209 - \frac{209^2}{44} \right) = 52,48;$$

✓ среднеквадратическое отклонение  $\sigma_L = 7,24$  дБА.

Мультипликативный метод:

✓ среднее значение

$$L_{\text{cp}} = X_A + \frac{d}{n} B = 67,5 + \frac{5}{44} \cdot 11 = 68,75 \text{ дБА};$$

✓ дисперсия

$$\sigma_L^2 = \frac{d^2}{n-1} \left( A - \frac{B^2}{n} \right) = \frac{5^2}{44-1} \left( 93 - \frac{11^2}{44} \right) = 52,48;$$

✓ среднеквадратическое отклонение  $\sigma_L = 7,24$  дБА.

Сравнение эмпирического распределения с теоретическим по критерию Пирсона показано в табл.3.2.3.

Т а б л и ц а 3.2.3

Сравнение фактического распределения шумовой характеристики с законом нормального распределения

Разряды интервалов	Абсолютная частота $h_m$	Вероятность попадания измерений в разряд $P_i$	Теоретическое количество измерений в разряде ( $n_i = P_i \cdot n$ )	$\chi^2 = \frac{(h_m - n_i)^2}{n_i}$
50-55	1	0,0185	0,814	0,0425
55-60	4	0,0759	3,3396	0,1306
60-65	7	0,1757	7,7308	0,0691
66-70	15	0,2638	11,6072	0,9917
70-75	8	0,2454	10,7976	0,7248
75-80	7	0,1454	6,3976	0,0567
80-85	1	0,0548	2,4112	0,8259
85-90	1	0,0126	0,5544	0,3582
$d=5$	$n=44$	$\sum P_i = 0,9921$		$\sum \chi^2 = 3,1995$

Вероятность  $P_i$  в табл. 3.2.3 вычисляли по формуле Симпсона:

$$P_i = \int_a^b f(x) dx = \frac{b-a}{6 \cdot m} [(y_0 + y_{2m}) + 2(y_2 + y_4 + \dots + y_{2m-2}) + 4(y_1 + y_3 + \dots + y_{2m-1})]. \quad (3.2.1)$$

В формуле (3.2.1) применяли параметр  $m=2$ . Тогда

$$P_i = \frac{b-a}{12} [(y_0 + y_4) + 2 \cdot y_2 + 4(y_1 + y_3)], \quad (3.2.2)$$

где  $b$  и  $a$  – правая и левая граница шумовой характеристики в разрядах интервалов (табл. 3.2.3);  $y_0, y_1, \dots, y_4$  – ординаты точек, определяемые по формуле

$$y = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \cdot e^{-\frac{(L_i - L_{cp})^2}{2\sigma^2}}. \quad (3.2.3)$$

При сравнении с нормальным законом распределения также применяли формулу вида

$$P_i = \Phi\left(\frac{L_{i+1} - L_{cp}}{\sigma_L}\right) - \Phi\left(\frac{L_i - L_{cp}}{\sigma_L}\right), \quad (3.2.4)$$

где  $\Phi(u)$  – функция Лапласа;  $L_i$  и  $L_{i+1}$  – левая и правая граница шумовой характеристики в разрядах (см. табл. 3.2.2);  $L_{cp}$  и  $\sigma_L$  – средняя шумовая характеристика и среднее квадратическое отклонение шумовой характеристики.

На рис. 3.2.1 показано сравнение гистограммы шумовой характеристики с плотностью нормального распределения.

Для теоретического распределения число степеней свободы определяли по формуле

$$v = k - r, \quad (3.2.5)$$

где  $k$  – число разрядов (в табл.3.2.3  $k = 8$ );  $r$  – число наложенных связей (для нормального закона распределения  $r=3$ ).

Получаем  $v = 8 - 3 = 5$ . Из таблиц  $\chi^2$ -распределения [1] при  $\chi^2 = 3,1995$  и  $v=5$  выписываем вероятность распределения:

- отличное при  $P > 0,5$ ;
- хорошее при  $P = 0,3 \div 0,5$ ;
- удовлетворительное при  $P = 0,1 \div 0,3$ ;
- неудовлетворительное при  $P < 0,1$ .

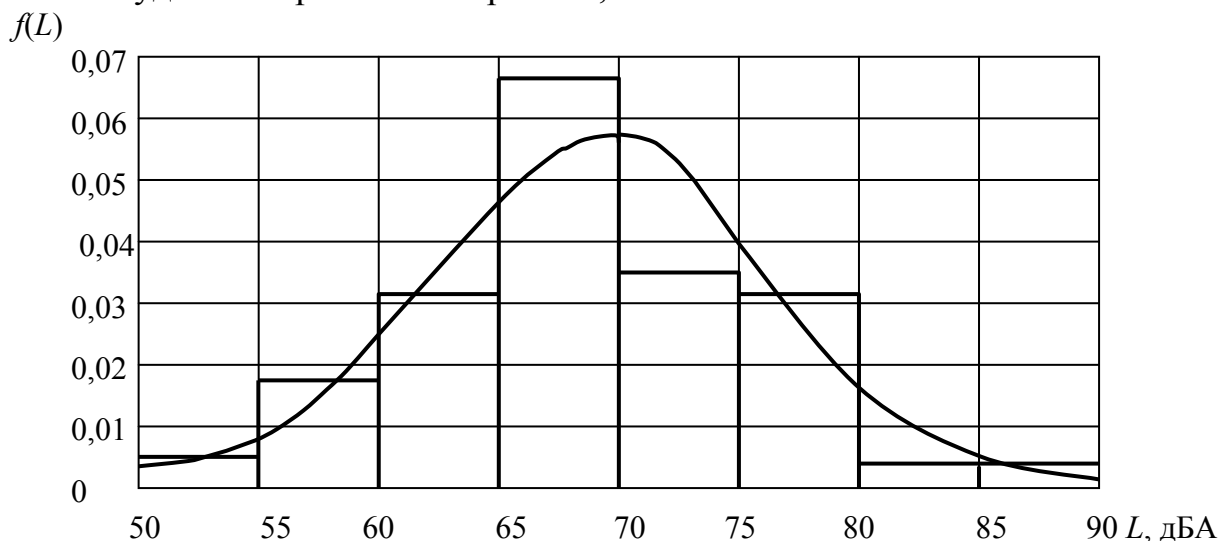


Рис. 3.2.1. Гистограмма шумовой характеристики и плотность нормального распределения



Так как для приведенного выше примера  $P=0,6675$ , то соответствие фактической кривой распределения шумовой характеристики нормальному распределению следует считать отличным.

Для сравнения теоретического и эмпирического распределения использовали также критерий Романовского

$$R = \frac{\chi^2 - \nu}{\sqrt{2\nu}}. \quad (3.2.6)$$

Если критерий Романовского меньше 3, то гипотеза о соответствии фактической кривой распределения теоретическому закону распределения принимается. В противном случае при  $R \leq 3$  делается вывод, что выбранный теоретический закон распределения не соответствует результатам измерения.

Согласно этому критерию имеем

$$R = \frac{3,1995^2 - 5}{\sqrt{2 \cdot 5}} = -0,57.$$

Так как  $-0,57 < 3$ , то нормальное распределение согласуется с результатами экспериментальных данных.

Таким образом, при исследовании вероятностной сущности шумовой характеристики от автотранспортных средств может быть использована теория риска, основанная на нормальном законе распределения [2]. Такой подход позволит оценить вероятность (риск) возникновения шумового загрязнения от автотранспортных средств и назначить необходимые мероприятия для смягчения или устранения шумового воздействия на окружающую среду при движении потока автомобильного транспорта по дорогам.

### 3.2.2. Методика оценки риска отрицательного шумового воздействия на человека от транспортного потока (с изменениями и дополнениями автора)

Автомобильные дороги относятся к экологически опасным объектам, одной из причин чему являются негативные воздействия транспортного потока на окружающую среду, приводящие к увеличению опасности неизлечимых заболеваний людей и животных, загрязнению почв и воздуха, угасанию растительности и снижению воспроизводства микроорганизмов.

В связи с этим к автомобильным дорогам необходимо предъявлять экологические требования по недопущению или минимизации вреда, наносимого окружающей среде при строительстве или эксплуатации дорог. Наряду с объектами и конструкциями автомобильной дороги, а также предприятиями дорожного хозяйства, вред окружающей среде наносит и автомобильный транспорт при движении транспортных средств по дороге. К загрязнению окружающей среды от отрицательного по-

следствия автомобилизации, помимо химического, механического, теплового, электромагнитного, вибрационного, относят и шумовое загрязнение.

Наряду с загрязнением воздуха шум от транспортного потока, как один из наиболее опасных параметрических (энергетических) загрязнений окружающей среды, стал не менее распространенным следствием технического прогресса. Доля автомобильного транспорта в шумовом воздействии на население городов составляет 85-95 %.

Воздействие транспортного шума на окружающую среду и среду обитания человека стало проблемой. В России около 40 млн. человек проживает в условиях шумового дискомфорта и испытывает воздействие шума более 65 дБА, в то время как предельно допустимый уровень (ПДУ) согласно СН 2.24/2.1.8.562-96 [3] считается 55 дБА для территории, непосредственно прилегающей к жилым домам. Шумовое загрязнение оказывает раздражающее воздействие на нервную систему человека, может вызвать сердечно-сосудистые и желудочно-кишечные заболевания. Человек может переносить без особых последствий в течение продолжительного времени шум в 20-25 дБА, а находясь в больном состоянии, начинает ощущать действие шума с 30 дБА. Усталость от шума накапливается, угнетается нервная система, происходит функциональное расстройство центральной нервной системы, психики.

Способы, определяющие снижение шума от транспортного потока на пути его распространения, в основном базируются на детерминированном подходе, в то время как рядом ученых установлено, что недопустимо использовать в различных моделях только средние показатели характеристик без учета их среднеквадратических отклонений и коэффициентов вариации. То есть следует учитывать, что результаты измерения распределяются по какому-либо закону теории вероятности (нормальному, Вейбулла и др.).

В связи с этим целесообразно в направлении совершенствования теоретических основ экологической безопасности автомобильных дорог опираться на вероятностно-статистические методы, в частности на изучение вероятностной сущности шумовой характеристики. Это позволит прогнозировать снижение или увеличение уровня шумового загрязнения окружающей среды от транспортного потока.

В соответствии с ГОСТ 20444-85 [1] *под шумовой характеристикой автомобильного транспорта следует понимать эквивалентный уровень звука, устанавливаемый в 7,5 м от оси ближней к точке измерения полосы на высоте 1,5 м от уровня покрытия проезжей части.* Измерение эквивалентного уровня звука можно проводить, например интегрирующими шумомерами. Кроме того, эквивалентный уровень звука определяется и расчетным путем в зависимости от интенсивности движения всех типов транспортных средств в час пик, средней скорости транспортного потока,

доли грузового и общественного транспорта в общем потоке транспорта по формуле

$$Y_{\text{эКВ}} = 10 \cdot \lg N + 13,3 \cdot \lg V + 8,4 \cdot \lg p + 9,2, \quad (3.2.7)$$

где  $N$  – интенсивность движения всех типов транспортных средств в час пик, авт/ч;  $V$  – средняя скорость транспортного потока, км/ч;  $p$  – доля грузового и общественного транспорта в общем потоке транспорта, %.

В подразд. 3.2.1 был обоснован нормальный закон распределения уровня звука от транспортного потока и предложено при исследовании вероятностной сущности уровня звука от транспортного потока использовать теорию риска [46], основанную на нормальном законе распределения. Такой подход позволит оценить вероятность (риск) возникновения шумового загрязнения от транспортного потока и назначить необходимые мероприятия для смягчения или устранения шумового воздействия на окружающую среду при движении потока автомобильного транспорта по дорогам.

Уровень экологической безопасности дороги оценивается путем сопоставления фактических и нормативных значений экологических показателей, выражаемых в количественной или качественной форме. Поэтому для оценки степени шумового загрязнения предлагается использовать в виде качественной инженерной характеристики риск возникновения последствий для человека, подверженного шумовому воздействию от транспортного потока.

Опасным состоянием для акустической среды является достижение определенной степени шума от транспортного потока на автомобильной дороге. Поэтому под риском или вероятностью отрицательного шумового воздействия на человека от транспортного потока будем понимать отношение числа людей ( $N_{\Pi}$ ), пострадавших от шумового загрязнения (например, глухота), к общему числу людей ( $N_{O}$ ), проживающих в этой местности и постоянно испытывающих шумовое воздействие от транспортного потока, т.е.

$$r = \frac{N_{\Pi}}{N_{O}}. \quad (3.2.8)$$

Риск отрицательного шумового воздействия на человека от транспортного потока можно установить по зависимости

$$r = 0,5 - \Phi \left( \frac{Y_{50}^{\max} - Y_{\phi}}{\sqrt{\sigma_{Y_{50}^{\max}}^2 + \sigma_{Y_{\phi}}^2}} \right), \quad (3.2.9)$$

где  $r$  – вероятность (риск) возникновения последствий по причине шумового загрязнения от транспортного потока;  $Y_{50}^{\max}$  – уровень постоянного

шума, при котором вероятность нежелательного последствия от шумового загрязнения равна 50 %. Такой уровень в теории риска называют максимальным, дБА;  $Y_\phi$  – фактический средний уровень шума, дБА;  $\sigma_{Y_\phi}$  – среднее квадратическое отклонение фактического уровня шума, дБА;  $\sigma_{Y_{50}^{\max}}$  – среднее квадратическое отклонение критического (максимального) уровня шума, дБА;  $\Phi(U)$  – функция Лапласа (интеграл вероятности).

Показатели  $Y_\phi$ , и  $\sigma_{Y_\phi}$  определяют в результате статистических расчетов по достаточному числу замеров уровня звука.

Формулы теории риска позволяют по значению предельно допустимого уровня (ПДУ) устанавливать такой уровень шумового загрязнения ( $Y_{50}^{\max}$ ), при котором вероятность отрицательного шумового воздействия на человека (нарушение слуха, утомляемость, психоз) равна 50 %. По параметру  $Y_{50}^{\max}$  определяется степень отрицательного воздействия на человека при любом фактическом уровне шума ( $Y_\phi$ ). Например, если риск отрицательного шумового воздействия на человека равен  $5 \cdot 10^{-3}$ , то это означает, что 5 человек из 1000 пострадали от воздействия данного шумового загрязнения.

Параметры  $Y_{50}^{\max}$  и  $\sigma_{Y_{50}^{\max}}$  устанавливают по формулам теории риска в зависимости от предельно допустимого уровня (ПДУ) и величины коэффициента вариации фактического уровня шума ( $C_V$ ) по формулам:

✓ при  $C_V \neq 0,2$

$$Y_{50}^{\max} = 2 \cdot \text{ПДУ} - \frac{\sqrt{(\text{ПДУ})^2 + [25(C_V)^2 - 1][(\text{ПДУ})^2 - 25\sigma_{\text{ПДУ}}^2]} - \text{ПДУ}}{25(C_V)^2 - 1}; \quad (3.2.10)$$

✓ при  $C_V = 0,2$

$$Y_{50}^{\max} = 2 \text{ПДУ} - \frac{(\text{ПДУ})^2 - 25 \cdot \sigma_{\text{ПДУ}}^2}{2 \cdot \text{ПДУ}}, \quad (3.2.11)$$

где ПДУ – предельно допустимый эквивалентный уровень шума, дБА;  $\sigma_{\text{ПДУ}}$  – допустимое среднее квадратическое отклонение на ПДУ, дБА;  $C_V$  – коэффициент вариации фактического шумового загрязнения,

$$C_V = \frac{\sigma_{Y_\phi}}{Y_\phi}. \quad (3.2.12)$$

Параметр  $\sigma_{Y_{50}^{\max}}$  определяют по формуле

$$\sigma_{Y_{50}^{\max}} = C_V \cdot Y_{50}^{\max}. \quad (3.2.13)$$

В табл.3.2.4 дополнительно приведены примеры расчётных формул, полученных д.т.н. Мининой Н.Н. [124] и позволяющих определять уровень звука на известном расстоянии  $R$  от верхней бровки выемки автомобильной дороги, по которой движется транспортный поток, или от акустического экрана до охраняемого объекта – общественного здания, жилой застройки.

Т а б л и ц а 3.2.4

Распространение звука от транспортного потока до охраняемого объекта

№ п/п	Описание расчётной схемы	Математическая модель для определения уровня шума на известном расстоянии $R$ от источника звука
1	Распространение звука от источника, расположенного в выемке относительно уровня с охраняемым объектом при отсутствии акустического экрана и инженерных решений, препятствующих его распространению	$Y = Y_{7,5} + 10 \cdot \lg(1 - \alpha_B) + 10 \cdot \lg(\beta_{дифр}^b) + 10 \cdot \lg\left(\frac{\lambda}{h^B}\right) -$ $- 10 \cdot \lg\left(\frac{R_B}{r_0}\right) - 10 \cdot \lg\left(\arctg \frac{\ell_B}{2 \cdot b}\right) + 10 \cdot \lg\left(\arctg \frac{\ell_B}{2 \cdot h^B}\right) +$ $+ 10 \cdot \lg\left(\arctg \frac{\ell_B}{2 \cdot R_B}\right) - 2$
2	Распространение звука от источника, расположенного в выемке относительно уровня с охраняемым объектом при наличии акустического экрана на расстоянии $R$ , от экрана до охраняемого объекта	$Y_{\phi} = Y_{7,5} + 10 \cdot \lg\left(1 - \frac{\alpha_B^f \cdot S_B + \alpha^f \cdot S}{S_B + S}\right) + 10 \cdot \lg\left(\frac{\lambda}{h^{(B)}}\right) +$ $+ 10 \cdot \lg(\beta) - 10 \cdot \lg\left(\frac{R^B}{r_0}\right) + 10 \cdot \lg\left(\arctg\left(\frac{l_{экр}}{2 \cdot h_{эф}^{экр(B)}}\right)\right) +$ $+ 10 \cdot \lg\left(\arctg \frac{l_{экр}}{2 \cdot R^B}\right) - 10 \cdot \lg\left(\arctg \frac{l}{r_0}\right) - 5$
3	Описание параметров в математических моделях	<p><math>Y_{7,5}</math> – фактический уровень шума, измеренный на расстоянии 7,5 м от его источника, дБ; <math>R_B</math> – расстояние от верхней бровки выемки до охраняемого объекта, м; <math>r_0=7,5</math> м; <math>R_B^э</math> – расстояние от акустического экрана до охраняемого объекта; <math>\alpha_B</math> – коэффициент звукопоглощения откоса выемки; <math>\alpha_э</math> – коэффициент звукопоглощения акустического экрана; <math>\beta_{дифр}^{экр} = 1/(2 \cdot \pi)</math> – коэффициент дифракции акустического экрана; <math>\beta_{дифр}^B = 1/\pi</math> – коэффициент дифракции откоса выемки; <math>h_{экр}</math> – высота акустического экрана, м; <math>h_{эф}^{экр} = h</math> – эффективная высота акустического экрана; <math>l_{экр}</math> – длина экрана, м; <math>l</math> – длина пачек автомобилей в транспортном потоке или длина работающего источника шума, м; <math>\lambda</math> – длина звуковой волны, м</p>

Рассмотрим данную методику применительно к эксплуатируемой автодороге «Можайское шоссе».

1. В соответствии с СН 2.2.4/2.1.8.562–96 [3] для территории жилой застройки предельно допустимый эквивалентный уровень звука (ПДУ) равен 55 дБА (с 7:00 до 23:00). В этом случае допуск на среднеквадратическое отклонение ПДУ составит:  $\sigma_{\text{ПДУ}}^{\text{доп}} = 0,05 \cdot 55 = 2,75$  дБА.

2. В данной методике были использованы исходные данные экспериментальных исследований (выполнены ГУП НИ и ПИ Генплана Москвы на основных транспортных магистралях Одинцовского района на период 2005 года), представленные в пояснительной записке «Разработка схемы территориального планирования развития территории Одинцовского района Московской области на период до 2020 года. Охрана окружающей среды». В ходе проведения эксперимента на основных транспортных магистралях Одинцовского района Московской области были установлены следующие данные: интенсивность движения всех типов транспортных средств в час пик ( $N$ ), средняя скорость транспортного потока ( $V$ ), доля грузового и общественного транспорта в общем потоке транспортных средств ( $p$ ).

Далее расчетным путем с использованием формулы (3.2.7) был определен эквивалентный уровень звука для различных участков улично-дорожной сети на основных магистралях Одинцовского района Московской области.

В результате анализа исходных данных было установлено, что одной из наиболее шумных магистралей Одинцовского района Московской области является автодорога «Можайское шоссе» с колебанием эквивалентного уровня звука от 65 до 78 дБА (табл. 3.2.5).

Т а б л и ц а 3.2.5

Фрагмент исходных данных для магистрали «Можайское шоссе»

Наименование магистрали	Номера участков улично-дорожной сети	Интенсивность движения транспорта, авт/сут			Интенсивность движения $N$ , авт/час	Средняя скорость движения $V$ , км/час	Доля грузового и общественного транспорта $p$ , %	Эквивалентный уровень звука $U_{\text{экв}}$ , дБА
		легкового	грузового	общественного				
Можайское шоссе	5-7	3676	456	48	4180	55	12,1	78
	7-8-9	1212	348	6	1566	55	22,6	76
	9-10-11	1464	456	2	1922	55	23,8	77
	11-12	574	156	10	740	55	22,4	72
	12-13	600	190	6	796	55	24,6	73
	13-14-15	217	24	-	241	55	10,0	65

В табл. 3.2.6 приведена статистическая обработка уровня звука от транспортного потока для магистрали «Можайское шоссе».

Т а б л и ц а 3.2.6

Статистическая обработка уровня шума

Разряды интервалов уровня звука	Середина разряда $U_m$	Абсолютная частота $h_m$	Частичная сумма $S_m$	Накопленная частота $T$	Середина условного интервала, $l_m$	Произведения		
						$l_m h_m$	$l_m^2$	$l_m^2 h_m$
62-66	64	2	2	2	-2	-4	4	8
66-70	68	0	2	4	-1	0	1	0
70-74	$72 = X_A$	2	4	8	0	0	0	0
74-78	76	4	8	16	1	4	1	4
78-82	$80 = U_K$	2	10	26	2	4	4	8
$d=4$		$n=10$	$M=26$	$\sum T=646$		$B=4$		$A=20$

Выполним обработку данных табл. 3.2.6 с использованием известных приемов математической статистики:

Метод суммирования:

✓ среднее значение

$$Y_{\text{cp}} = U_K - d \left( \frac{M}{n} - 1 \right) = 80 - 4 \left( \frac{26}{10} - 1 \right) = 74 \text{ дБА};$$

✓ дисперсия

$$\sigma_Y^2 = \frac{d^2}{n-1} \left( 2 \sum T - M - \frac{M^2}{n} \right) = \frac{4^2}{10-1} \left( 2 \cdot 56 - 26 - \frac{26^2}{10} \right) = 32,7;$$

✓ среднеквадратическое отклонение  $\sigma_Y = 5,72$  дБА.

Мультипликативный метод:

✓ среднее значение

$$Y_{\text{cp}} = X_A + \frac{d}{n} B = 72 + \frac{4}{10} \cdot 4 = 74 \text{ дБА};$$

✓ дисперсия

$$\sigma_Y^2 = \frac{d^2}{n-1} \left( A - \frac{B^2}{n} \right) = \frac{4^2}{10-1} \left( 20 - \frac{4^2}{10} \right) = 32,7;$$

✓ среднеквадратическое отклонение  $\sigma_Y = 5,72$  дБА.

3. В результате статистической обработки исходных данных, приведенных в табл. 3.2.5, установили, что фактический средний уровень шума ( $Y_\phi$ ) соответствует 74 дБА, а среднее квадратическое отклонение фактического уровня шума ( $\sigma_{Y\phi}$ ) равно 5,72 дБА.

4. Коэффициент вариации фактического шумового загрязнения ( $C_V$ ) с использованием формулы (3.2.12) равен:

$$C_V = \frac{5,72}{74} = 0,077.$$

5. По формуле (3.2.10) определим максимальный уровень длительного шумового загрязнения, при котором вероятность нежелательного последствия для человека равна 50 %:

$$Y_{50}^{\max} = 2 \cdot 55 - \frac{\sqrt{(55)^2 + [25(0,08)^2 - 1][(55)^2 - 25 \cdot 2,75^2]} - 55}{25 \cdot 0,08^2 - 1} = 74,7 \text{ дБА.}$$

6. Среднеквадратическое отклонение максимального уровня шума вычислим по формуле (3.2.13):

$$\sigma_{Y_{50}^{\max}} = 0,077 \cdot 74,7 = 5,75 \text{ дБА.}$$

7. При фактическом шумовом загрязнении  $Y_{\phi}=74$  дБА риск возникновения последствий для человека, находящегося в 7,5 м от транспортного потока определим по формуле (3.2.9):

$$r = 0,5 - \Phi\left(\frac{74,7 - 74}{\sqrt{5,97^2 + 5,92^2}}\right) = 0,5 - \Phi(0,083) = 0,5 - 0,032 = 0,468 \approx 0,47.$$

Говорить о влиянии данного шумового загрязнения на население можно только после того, как будут учтены расстояния от транспортного потока до застройки и топография местности (наличие выемок, эстакад на дороге, посадок деревьев между дорогой и застройкой и др.).

Рассмотрим один из характерных участков Можайского шоссе.

На этом участке автомобильная дорога проходит в выемке при расстоянии от верхней бровки выемки до тротуара и фасадов зданий  $R_B=18,7$  м. Глубина выемки  $h_B=h_{\phi}^B=4,2$  м. Коэффициент заложения откоса выемки  $m=1,5$ . Горизонтальное проложение откоса  $B=m \cdot h_B=1,5 \cdot 4,2=6,3$  м. Длина выемки  $l_B=87,3$  м. Коэффициент звукопоглощения откоса выемки  $\alpha_B=0,28$ . Коэффициент звукопоглощения акустического экрана  $\alpha_3=0,35$ . Коэффициент дифракции акустического экрана  $\beta_{\text{дифр}}^{\text{экр}}=1/(2 \cdot \pi)=1/6,28=0,159$ . Коэффициент дифракции откоса выемки  $\beta_{\text{дифр}}^B=1/\pi=1/3,14=0,318$ . Фактический уровень шума, измеренный на расстоянии 7,5 м от транспортного потока  $Y_{7,5}=74$  дБА. Эффективная высота акустического экрана и высота акустического экрана и  $h_{\phi}^{\text{экр}}=h=4,0$  м. Длина акустического экрана  $l_{\text{экр}}=95,0$  м. Длина пачек автомобилей в транспортном потоке  $l=84,5$  м. Длина звуковой волны  $\lambda=3,4$  м. Площадь откоса выемки  $S_B=l_{\text{отк}} \cdot l_B=7,46 \cdot 87,3=651 \text{ м}^2$ . Площадь акустического экрана  $S_{\text{экр}}=h \cdot l_{\text{экр}}=4 \cdot 95=380 \text{ м}^2$ .

По первой формуле из табл.3.2.4 получаем

$$Y = Y_{7,5} + 10 \cdot \lg(1 - \alpha_B) + 10 \cdot \lg(\beta_{\text{дифр}}^B) + 10 \cdot \lg\left(\frac{\lambda}{h^B}\right) -$$



$$\begin{aligned}
& -10 \cdot \lg\left(\frac{R_B}{r_0}\right) - 10 \cdot \lg\left(\operatorname{arctg} \frac{\ell_B}{2 \cdot b}\right) + 10 \cdot \lg\left(\operatorname{arctg} \frac{\ell_B}{2 \cdot h^B}\right) - 2 = \\
& = 74 + 10 \cdot \lg(1 - 0,28) + 10 \cdot \lg(0,318) + 10 \cdot \lg\left(\frac{3,4}{4,2}\right) - 10 \cdot \lg\left(\operatorname{arctg} \frac{18,7}{7,5}\right) - \\
& - 10 \cdot \lg\left(\operatorname{arctg} \frac{87,3}{2 \cdot 6,3}\right) + 10 \cdot \lg\left(\operatorname{arctg} \frac{87,3}{2 \cdot 4,2}\right) + 10 \cdot \lg\left(\operatorname{arctg} \frac{87,3}{2 \cdot 18,7}\right) - 2 = \\
& = 74 - 1,43 - 4,98 - 0,92 - 18,33 - 19,13 + 19,27 + 18,25 - 2 = 64,73 \text{ дБА}.
\end{aligned}$$

В данном расчёте необходимо учесть отражение звука от стены здания путём увеличения уровня шума у стены на 3 дБ, а также коэффициента вариации уровня шума у стены примерно до значения  $C_V^\Phi = 0,15$ . Поэтому вводим данные поправки в результаты расчёта:  $Y_{\Phi(\text{испр})} = 64,7 + 3 = 67,7$  дБ;  $\sigma_{Y_\Phi} = 0,15 \cdot 67,7 = 10,2$  дБА.

При фактическом шумовом загрязнении  $Y_\Phi = 67,7$  дБА риск возникновения последствий для человека, находящегося на расстоянии 18,7 м от верхней бровки выемки данной дороги, определим по формуле (34.2.9):

$$r = 0,5 - \Phi\left(\frac{74,7 - 67,7}{\sqrt{5,98^2 + 10,2^2}}\right) = 0,5 - \Phi(0,59) = 0,5 - 0,222 = 0,278 \approx 0,28.$$

Таким образом, получили, что 28 человек из каждых 100 граждан, проживающих вблизи автодороги «Можайское шоссе», подвергаются отрицательному шумовому воздействию от транспортного потока с последствиями для органа слуха. Более того, если вблизи автомагистрали проживает в слабозащищенных от шума помещениях, например, 5000 человек, то 600 жителей ( $5000 \cdot 0,28 = 1400$ ) испытывают отрицательное шумовое воздействие на органы слуха.

Следовательно, необходимо установить стационарные акустические экраны по верхней бровке откоса выемки. Используем вторую формулу в табл.3.2.4 для определения того, как изменится шумовое загрязнение у стен зданий данного микрорайона от транспортного потока в случае установки акустического экрана на верхней бровке выемки:

$$\begin{aligned}
Y_\Phi = Y_{7,5} + 10 \cdot \lg\left(1 - \frac{\alpha_B^f \cdot S_B + \alpha_{\text{экр}}^f \cdot S_{\text{экр}}}{S_B + S_{\text{экр}}}\right) + 10 \cdot \lg\left(\frac{\lambda}{h_{\text{эф}}^{\text{экр}(B)}}\right) + \\
+ 10 \cdot \lg(\beta_{\text{дифр}}^{\text{экр}}) - 10 \cdot \lg\left(\frac{R_{\text{экр}}^B}{r_0}\right) + 10 \cdot \lg\left(\operatorname{arctg}\left(\frac{l_{\text{экр}}}{2 \cdot h_{\text{эф}}^{\text{экр}(B)}}\right)\right) - \\
- 10 \cdot \lg\left(\operatorname{arctg}\frac{l_{\text{экр}}}{2 \cdot R_{\text{экр}}^B}\right) - 10 \cdot \lg\left(\operatorname{arctg}\frac{l_{\text{экр}}}{r_0}\right) - 5 =
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
&= 74 + 10 \cdot \lg\left(1 - \frac{0,28 \cdot 651 + 0,35 \cdot 380}{651 + 380}\right) + 10 \cdot \lg\left(\frac{3,4}{4,0}\right) + \\
&\quad + 10 \cdot \lg(0,159) - 10 \cdot \lg\left(\frac{18,7}{7,5}\right) + \\
&\quad + 10 \cdot \lg\left(\arctg\left(\frac{95}{2 \cdot 4,0}\right)\right) - \\
&- 10 \cdot \lg\left(\arctg\frac{95}{2 \cdot 18,7}\right) - 10 \cdot \lg\left(\arctg\frac{95}{7,5}\right) - 5 = 74 - 1,59 - \\
&- 0,71 - 7,99 - 3,97 + 19,30 - 18,36 - 19,32 - 5 = 41,4 \text{ дБА}.
\end{aligned}$$

Учитывая отражение звука от стен зданий, получаем исправленный результат:  $V_{\Phi(\text{испр})} = 41,4 + 3 = 44,4$  дБ;  $\sigma_{V_{\Phi}} = 0,15 \cdot 44,4 = 6,7$  дБА.

При наличии стационарных акустических экранов на верхней бровке выемки риск возникновения последствий для человека, находящегося на расстоянии 18,7 м от этой бровки на тротуаре у стены здания, определим по формуле (3.2.9):

$$r = 0,5 - \Phi\left(\frac{74,7 - 44,4}{\sqrt{5,98^2 + 6,7^2}}\right) = 0,5 - \Phi(3,37) = 0,5 - 0,4996 = 0,0004 = 4 \cdot 10^{-4}.$$

**В ы в о д .** Получили, что с установкой акустического экрана на бровке выемки будут подвержены отрицательному шумовому воздействию от транспортного потока с последствиями для органа слуха у 4 граждан из каждых 10000 человек, проживающих вблизи автодороги «Можайское шоссе».

Такой подход позволяет оценить вероятность (риск) возникновения шумового загрязнения от транспортного потока и назначить необходимые шумозащитные мероприятия (установка акустических экранов, шумозащитное озеленение, пластиковые окна и т.п.) для смягчения или устранения шумового воздействия на окружающую среду при движении потока автомобильного транспорта по дорогам.

В качестве шумозащитных мероприятий были рассмотрены:

1) однорядная посадка деревьев с живой изгородью из кустарника шириной 10 м;

2) двухрядная посадка деревьев с живой изгородью из кустарника шириной 20...30 м;

3) трехрядная посадка деревьев с живой изгородью из кустарника шириной 25...30 м;

4) ограждение автомобильной дороги озелененными земляными валами;

5) установка шумозащитных экранов и барьеров.

Т а б л и ц а 3.2.6

Способы защиты от транспортного шума  
при прохождении дороги в выемке

№ п/п	Мероприятия	Снижение уровня шума от проведенного мероприятия дБА	Средний уровень шума, дБА		Риск возникновения шумового загрязнения
			фактический, до проведения мероприятий	теоретический, после мероприятий	
1	Однорядная посадка деревьев с живой изгородью из кустарника шириной 10 м	5,2	67,7	62,5	0,142
2	Двухрядная посадка деревьев с живой изгородью из кустарника шириной 20...30 м	9,0	67,7	58,7	0,069
3	Трехрядная посадка деревьев с живой изгородью из кустарника шириной 25...30 м	12,5	67,7	55,8	0,035
4	Ограждение автомобильной дороги озелененными земляными валами	17,6	67,7	50,1	0,006
5	Установка шумозащитных экранов и барьеров	23,3	67,7	44,4	$0,0004 = 4 \cdot 10^{-4}$

В результате анализа проведения шумозащитных мероприятий установили, что:

1) после однорядной посадки деревьев с живой изгородью из кустарника шириной 10 м подвергнутся отрицательному шумовому воздействию от транспортного потока с последствиями для органа слуха 142 человека из каждых 1000 граждан, проживающих вблизи автодороги Можайское шоссе;

2) после двухрядной посадки деревьев с живой изгородью из кустарника шириной 20...30 м подвергнутся отрицательному шумовому воздействию от транспортного потока с последствиями для органа слуха 69 человек из каждых 1000 граждан, проживающих вблизи автодороги Можайское шоссе;

3) после трехрядной посадки деревьев с живой изгородью из кустарника шириной 25...30 м подвергнутся отрицательному шумовому воздействию от транспортного потока с последствиями для органа слуха 35 человек из каждых 1000 граждан, проживающих вблизи автодороги Можайское шоссе;

4) после ограждения автомобильной дороги озелененными земляными валами подвергнутся отрицательному шумовому воздействию от транспортного потока с последствиями для органа слуха 6 человек из каждых 1000 граждан, проживающих вблизи автодороги Можайское шоссе;

5) после установки акустических экранов подвергнутся отрицательному шумовому воздействию от транспортного потока с последствиями для органа слуха 4 человека из каждых 10000 граждан, проживающих вблизи автодороги Можайское шоссе.

При этом следует заметить, что молодые деревья с неразвитой кроной не обладают необходимыми шумозащитными свойствами и для результативной шумозащиты высота деревьев должна быть в пределах 5–8 м, а их возраст 15–20 лет.

Таким образом, наиболее эффективным способом защиты от шумового воздействия транспортного потока на человека является установка шумозащитных экранов или барьеров, снижающих уровень шума в среднем на 18–23 дБА. Это значительно уменьшает риск возникновения заболеваний у человека, связанных со слухом.

### **3.3. Методика оценки вероятности деградации природных ресурсов в результате техногенного загрязнения окружающей среды выхлопными газами транспортного потока (модель разработана автором)**

Вред окружающей среде наносится деятельностью целого ряда отраслей промышленности, в частности дорожного хозяйства [26, 40, 41, 66].

Под экологической безопасностью, согласно Федеральному закону «Об охране окружающей среды» от 10 января 2002 года № 7-ФЗ, следует понимать состояние защищенности природной среды и жизненно важных интересов человека от возможного негативного воздействия хозяйственной и иной деятельности, чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера, их последствий.

В Транспортной стратегии Российской Федерации на период до 2030 г. отмечено, что автомобильный транспорт является одним из основных загрязнителей воздушного бассейна крупных городов (достигает 80 % общих выбросов), а доля автомобильного транспорта в общих выбросах по стране составляет около 40 %.

Например, при пробеге 15 тыс. км отечественный автомобиль среднего класса выбрасывает в атмосферу 3250 кг углекислого газа и 93 кг ядовитых углеводородов, при этом поглощая 4350 кг кислорода. Если все загрязнения, поступающие в атмосферу, принять за 100 %, то загрязнения от автомобильного транспорта в городах РФ составят 10–60 %. При этом доля

выбросов автомобилями окиси углерода достигает 30-60 %, а окислов азота – до 12 % от промышленных выбросов предприятий города.

В отработавших газах двигателя внутреннего сгорания присутствует около 200 вредных составляющих, включая твердые вещества (свинец, сажа, твердый углерод, оксид кремния, сульфаты, нитраты) и более 160 вредных компонентов в газообразном состоянии (производные углеводородов). Токсичность отработавших газов карбюраторных двигателей обуславливается главным образом содержанием окиси углерода и окислов азота, а дизельных двигателей – окислов азота и сажи (табл. 3.3.1).

Т а б л и ц а 3.3.1

Состав вредных выбросов (% по объему)

Компоненты	Двигатели	
	карбюраторные	дизельные
Двуокись углерода	5 – 12	1 – 10
Окись углерода	5 – 10	0,01 – 0,5
Окислы азота	0 – 0,8	0,5 – 2,5
Углеводороды	0,2 – 3	0,01 – 0,5
Сернистый газ	<0,1	0,2 – 0,5
Альдегиды	0 – 0,2	0 – 0,01
Сажа	0 – 0,4 г/м <sup>3</sup>	0,001 – 1 г/м <sup>3</sup>
Бенз/а/пирен	10 – 20 мг/м <sup>3</sup>	<10 мг/м <sup>3</sup>
Свинец	0 – 0,02 мг/м <sup>3</sup>	0

Государственный контроль за состоянием загрязнения атмосферного воздуха на придорожной территории показывает, что замеренные среднесуточные концентрации окиси углерода, окиси и двуокиси азота, формальдегида, бенз/а/пирена, канцерогенных углеводородов в несколько раз превышают среднесуточные концентрации этих же компонентов на территориях, расположенных далеко от автострад. Например, если в атмосфере города среднее содержание окиси углерода составляет 0,8 от предельно допустимой концентрации (0,8 ПДК), то вблизи магистрали с интенсивным движением автотранспорта средняя концентрация, как правило, превышает 2 ПДК и более. Среднегодовая концентрация бенз/а/пирена на загородных магистральных дорогах с интенсивным движением грузовых автомобилей достигает 6 предельно допустимых концентраций (6 ПДК) и более, а в городах на «оживленных» перекрестках превышает 3 ПДК. Бенз/а/пирен как канцероген способствует появлению раковых заболеваний. Основными источниками его возникновения, кроме автомобильного транспорта, являются асфальтобетонные заводы и предприятия нефтехимии. Твердые выбросы автотранспорта (свинец и сажа) адсорбируют на своей поверхности канцерогенные и другие циклические углеводороды. При этом концентрация углеводородов повышается не только в воздухе, но и на

придорожной местности. Крупные фракции свинца (диаметром более 1 мм) оседают и накапливаются на поверхности почвы и растений, загрязняя при этом территорию до 100 метров от дороги. Мелкие фракции свинца (диаметром менее 1 мм) в виде аэрозолей распространяются с воздушными массами на расстояния от 100 до 200 метров. Эти аэрозоли, как и все продукты сгорания автомобильного топлива, образуются в пределах зоны дыхания человека и способны накапливаться в организме.

Перечисленные негативные воздействия автомобильного транспорта на окружающую среду приводят к увеличению опасности неизлечимых заболеваний людей и животных, загрязнению воздуха и почв, угасанию растительности и снижению воспроизводства микроорганизмов. Все это указывает на необходимость развития методов экологического анализа транспортных проектов, которые позволяли бы прогнозировать снижение или увеличение уровня загрязнения окружающей среды в зависимости от хозяйственной деятельности человека и степени «утилизации» самой природой поступающих от автомобильного транспорта токсичных веществ.

Предельно допустимые концентрации вредных веществ в окружающей среде (табл. 3.3.2) позволяют реализовать систему платежей за загрязнение, вводить штрафные санкции и иски по возмещению причиненного вреда. Однако базовые нормативы платы за загрязнение окружающей природной среды и нормированные значения ПДК не учитывают тот факт, что природная среда в той или иной местности обладает определенными ресурсами и поэтому по-разному оказывает «экологические услуги» по разложению загрязняющих веществ, возобновлению ресурсов от ущерба, нанесенного флоре и фауне. Другими словами, плата за загрязнение и штрафы не всегда эквивалентны нанесенному вреду, так как фактическая степень деградации окружающей среды в данной (конкретной) местности до и после загрязнения не установлена. Необходим такой математический аппарат, который при загрязнении окружающей среды транспортом (как и промышленностью, топливно-энергетическим комплексом, тепло- и электростанциями, атомными электростанциями, предприятиями строительных материалов и нефтехимии) позволял бы устанавливать степень деградации атмосферного воздуха, почвы, водных ресурсов, флоры и фауны во времени.

Т а б л и ц а 3.3.2

Класс опасности и ПДК веществ, содержащихся в отработавших газах двигателей

Вещество	Класс опасности	ПДК, мг/м <sup>3</sup>	
		максимально разовая	среднесуточная
Свинец Pb	1	-	0,0003
Двуокись азота NO <sub>2</sub>	2	0,085	0,04
Окись азота NO	3	0,4	0,06
Сажа	3	0,15	0,05
Окись углерода CO	4	3	1
Углеводороды C <sub>m</sub> H <sub>m</sub>	4	5	1,5

Эта же проблема возникает при составлении транспортных проектов, как и любых инженерных проектов. Экологический анализ проектов хозяйственной деятельности человека является трудной и не всегда решаемой задачей. Это вызвано тем, что предельно сложно на стадии разработки проекта определить ожидаемые и допустимые воздействия инженерных решений на окружающую среду. Используемые критерии, например ПДК вредных веществ (в атмосфере, почве, воде, растительном и животном мире), не позволяют прогнозировать состояние биосферы в период эксплуатации сооружения, и поэтому экологический анализ на стадии проектирования носит незавершенный характер.

В целях защиты населения и окружающей среды постановлением Правительства Российской Федерации от 12.10.2005 г. № 609 был утвержден Технический регламент «О требованиях к выбросам автомобильной техникой, выпускаемой в обращение на территории Российской Федерации, вредных (загрязняющих) веществ».

Под выбросами понимаются выбросы вредных (загрязняющих) веществ, которыми являются отработанные газы двигателей внутреннего сгорания и испарения топлива автомобильной техники, содержащие вредные (загрязняющие) вещества [оксид углерода (СО), углеводороды (С<sub>m</sub>H<sub>n</sub>), оксиды азота (NO<sub>x</sub>) и дисперсные частицы].

С целью снижения выбросов вредных (загрязняющих) веществ необходимо развивать методы экологического анализа транспортных проектов, которые позволяли бы прогнозировать снижение или увеличение уровня загрязнения окружающей среды в зависимости от хозяйственной деятельности человека и степени «утилизации» самой природой поступающих от автомобильного транспорта токсических веществ. В связи с этим предлагается следующий понятийный и математический аппарат, основанный на теории риска [41, 66], для оценки отрицательного воздействия токсикантов на окружающую среду.

В общем виде формулировка отрицательного воздействия токсикантов на окружающую среду может базироваться на понятиях теории риска [1] и звучать следующим образом.

Риск, или вероятность, истощения природных ресурсов является степенью деградации биосферы (почвы, воздуха, воды, животного и растительного мира) и представляет собой отношение числа людей (или живых организмов), пострадавших от воздействия вредного вещества, к общему количеству людей (или общему количеству живых организмов), проживающих (ежедневно прибывающих) в данной местности.

В частности, для системы «человек – вредное вещество», попавшее в атмосферный воздух или почву из отработавших газов двигателя, можно сформулировать следующее определение вероятности воздействия этого вещества на человека.

Риск, или вероятность, деградации человека представляет собой отношение числа людей, пострадавших от воздействия вредного вещества (неизлечимые болезни, генные изменения, врожденные недостатки, бесплодие, смерть), к общему числу людей, проживающих в этой местности и постоянно дышащих этим воздухом, употребляющих питьевую воду и продукты питания, выращенные на этой земле.

Риск истощения природных ресурсов (деградации человека, животных, растительности, микроорганизмов – в зависимости от того, по каким представителям биоценоза определено ПДК) можно представить в виде:

$$r_{\text{ист.ресурсов}} = \frac{N_n}{N_o}, \quad (3.3.1)$$

где  $N_n$  – количество людей (или живых организмов), пострадавших от воздействия вредного вещества;  $N_o$  – общее количество людей (или общее количество живых организмов), проживающих (ежедневно прибывающих) в данной местности.

В частном случае вероятность нежелательного события для системы «человек – вредное вещество, попавшее в атмосферный воздух или почву из отработавших газов двигателя», представим аналогичным образом:

$$r_{\text{вред.чел}} = \frac{N_n}{N_o}, \quad (3.3.2)$$

где  $N_n$  – количество людей, пострадавших от воздействия вредного вещества (неизлечимые болезни, генные изменения, врожденные недостатки, смерть);  $N_o$  – общее количество людей, проживающих в этой местности и постоянно дышащих этим воздухом, употребляющих питьевую воду и продукты питания, выращенные на этой земле.

Теория риска позволяет устанавливать отмеченные выше вероятности по замерам фактической концентрации вредного вещества в атмосферном воздухе или почве без специальных медицинских обследований населения (или специальных исследований воспроизводства микроорганизмов). Это обусловлено тем, что формулы теории риска позволяют по значению ПДК устанавливать такую концентрацию вредного вещества ( $K_{кр}$ ), при которой вероятность деградации окружающей среды (например человека) равна 50 %, а по ней определять степень деградации (степень отрицательного воздействия на человека или микроорганизмы) при любой концентрации ( $K_{ф}$ ) вредного вещества. Например, если риск деградации человека в данной местности под воздействием того или иного вредного вещества составляет  $4 \cdot 10^{-3}$ , то это означает, что 4 человека из 1000 пострадали от воздействия данного загрязнителя (неизлечимые болезни, смерть, генные изменения и т.д.).



В общем случае риск истощения природных ресурсов или риск деградации человека, животных, растительности, микроорганизмов можно установить по модели:

$$r = 0,5 - \Phi \left( \frac{K_{кр} - K_{ф}}{\sqrt{\sigma_{кр}^2 + \sigma_{ф}^2}} \right), \quad (3.3.3)$$

где  $r$  – вероятность (риск) возникновения последствий от загрязнения окружающей среды вредным (токсичным) веществом;  $K_{кр}$  – критическая концентрация вредного вещества;  $K_{ф}$  – фактическая средняя концентрация исследуемого вредного вещества;  $\sigma_{кр}$  – среднеквадратическое отклонение критической концентрации;  $\sigma_{ф}$  – среднеквадратическое отклонение фактической концентрации;  $\Phi(u)$  – функция Лапласа.

Показатели  $K_{ф}$  и  $\sigma_{ф}$  определяем в результате статистических расчетов по достаточному числу замеров концентрации загрязняющего вещества.

Формулы теории риска позволяют по значению ПДК устанавливать такую критическую концентрацию вредного вещества ( $K_{кр}$ ), при которой вероятность нежелательных последствий загрязнения равна 50%. Параметры  $K_{кр}$  и  $\sigma_{кр}$  устанавливаем в зависимости от ПДК и величины коэффициента вариации фактической концентрации вредного вещества ( $C_V$ ) по формулам:

а) при  $C_V \neq 0,2$

$$K_{кр} = 2 \cdot \text{ПДК} - \frac{\sqrt{(\text{ПДК})^2 + [25(C_V)^2 - 1][(\text{ПДК})^2 - 25\sigma_{\text{ПДК}}^2]} - \text{ПДК}}{25(C_V)^2 - 1}; \quad (3.3.4)$$

б) при  $C_V = 0,2$

$$K_{кр} = 2 \cdot \text{ПДК} - \frac{(\text{ПДК})^2 - 25 \cdot \sigma_{\text{ПДК}}^2}{2 \cdot \text{ПДК}}, \quad (3.3.5)$$

где  $\sigma_{\text{ПДК}}$  – допустимое среднеквадратическое отклонение на ПДК и равно  $0,05 \cdot \text{ПДК}$ ;  $C_V$  – коэффициент вариации фактической концентрации загрязняющего вещества,

$$C_V = \frac{\sigma_{ф}}{K_{ф}}. \quad (3.3.6)$$

Параметр  $\sigma_{кр}$  определяем по формуле

$$\sigma_{кр} = C_V \cdot K_{кр}. \quad (3.3.7)$$

Приведем примеры использования этой методики в оценке степени деградации окружающей среды и сделаем некоторые важные выводы.

Свинец как загрязнитель относится к первому классу опасности из всех веществ, содержащихся в отработавших газах двигателей внутреннего сгорания (см. табл. 3.3.2). Основным источником свинца на придорожной местности является этилированный бензин, который запрещён в России к производству, использованию и реализации. (На территории Саратовской области запрет на производство, использование и реализацию этилированного бензина был введён постановлением Губернатора от 9.09.97 г. № 709.) Поэтому этот вид загрязнения в примерах рассматривать не будем.

Как уже отмечалось, загрязнение придорожного воздуха двуокисью азота достигает в населенных пунктах  $1,2 \cdot \text{ПДК}$ . Коэффициент вариации двуокиси азота в воздухе находится в пределах от 0,19 до 0,21. По табл. 3.3.2 находим  $\text{ПДК} = 0,04 \text{ мг/м}^3$ . Следовательно,

$$\sigma_{\text{пдк}} = 0,05 \cdot \text{ПДК} = 0,05 \cdot 0,04 = 0,002 \text{ мг/м}^3;$$

$$K_{\phi} = 1,2 \cdot \text{ПДК} = 1,2 \cdot 0,04 = 0,048 \text{ мг/м}^3;$$

$$\sigma_{\phi} = C_v \cdot K_{\phi} = 0,21 \cdot 0,048 = 0,010 \text{ мг/м}^3.$$

По формуле (3.3.4) устанавливаем критическую концентрацию двуокиси азота в воздухе, при которой вероятность нежелательных последствий загрязнения для человека равна 50% (каждый второй гражданин, проживающий на расстояниях до 100 метров от автомагистрали, будет подвержен той или иной степени воздействия данного загрязнителя):

$$\begin{aligned} K_{\text{кр}} &= 2 \cdot \text{ПДК} - \frac{\sqrt{(\text{ПДК})^2 + [25(C_v)^2 - 1] \left[ (\text{ПДК})^2 - 25\sigma_{\text{пдк}}^2 \right]} - \text{ПДК}}{25(C_v^2) - 1} = \\ &= 2 \cdot 0,04 - \frac{\sqrt{(0,04)^2 + [25(0,21)^2 - 1] \left[ (0,04)^2 - 25 \cdot 0,002^2 \right]} - 0,04}{25 \cdot 0,21^2 - 1} = \\ &= 0,062 \text{ мг/м}^3. \end{aligned}$$

При этом среднеквадратическое отклонение критической концентрации, определяемое по формуле (3.3.7), составит:

$$\sigma_{\text{кр}} = C_v \cdot K_{\text{кр}} = 0,21 \cdot 0,062 = 0,0130 \text{ мг/м}^3.$$

**В ы в о д .** При превышении концентрации двуокиси азота в 1,55 раза относительно ПДК ( $0,062/0,04 = 1,55$ ) риск возникновения последствий для населения увеличивается до 50 %.

При фактической концентрации  $K_{\phi} = 0,048 \text{ мг/м}^3$  риск появления последствий для человека определим по формуле (3.3.3):

$$\begin{aligned} r &= 0,5 - \Phi \left( \frac{K_{\text{кр}} - K_{\phi}}{\sqrt{\sigma_{\text{кр}}^2 + \sigma_{\phi}^2}} \right) = 0,5 - \Phi \left( \frac{0,062 - 0,048}{\sqrt{0,013^2 + 0,010^2}} \right) = 0,5 - \Phi(0,85) = \\ &= 0,5 - 0,302 = 0,198 \approx 0,20. \end{aligned}$$

В ы в о д . При превышении концентрации двуокиси азота в 1,2 раза относительно ПДК два человека из каждых 10 граждан, проживающих вблизи данной автомагистрали, будут подвержены негативному воздействию двуокиси азота. Другими словами, если вблизи автомагистрали (на расстояниях до 100 метров от нее) будет проживать, например, 3000 человек, то 600 жителей ( $3000 \cdot 0,2 = 600$ ) будет страдать от данного загрязнителя.

Особый интерес представляет риск, соответствующий ПДК вредного вещества, когда  $K_{\phi} = \text{ПДК}$ , а коэффициенты вариации всех концентраций ( $K_{\text{кр}}$  и  $\text{ПДК} = K_{\phi}$ ) принимают одинаковые значения. Как показали расчёты, выполненные по формулам (3.3.3)–(3.3.7), все значения ПДК при  $C_V^{\text{ПДК}} = 0,05$  соответствуют значениям риска, близким величине  $1 \cdot 10^{-4}$ . Такое значение риска во многих случаях воспринимают люди (общество в целом) как допустимый риск для человека в системе «человек – техника» [47]. Другими словами, многие значения ПДК, установленные специальными медико-биологическими исследованиями, находятся в области риска, допускаемого человеком в качестве приемлемого.

Покажем результаты этих расчётов при разных значениях  $C_V^{\text{ПДК}}$  для двух загрязнителей первого и второго классов опасности:

коэффициент вариации ПДК	0,10	0,05	0,01
риск причинения вреда человеку при фактической кон- центрации свинца, равной ПДК .....	$1,8 \cdot 10^{-3}$	$1,1 \cdot 10^{-4}$	$2,1 \cdot 10^{-6}$
риск причинения вреда человеку при фактической кон- центрации двуокиси азота, равной ПДК .....	$1,5 \cdot 10^{-3}$	$0,9 \cdot 10^{-4}$	$3,0 \cdot 10^{-6}$

Эти расчеты показывают, что при концентрации вредного вещества на уровне ПДК риск деградации окружающей среды находится в поле допуска человека.

В результате анализа различных загрязнителей на основе представленной математической модели были получены некоторые новые выводы, среди которых:

- вероятность (риск) возникновения нежелательных последствий загрязнения зависит как от концентрации загрязняющего вещества, так и от коэффициента вариации загрязнителя ( $C_V$ ). Чем больше  $C_V$ , тем выше риск возникновения последствий от загрязнения;

- для одного и того же вредного вещества нельзя принимать одинаковые значения ПДК на местностях с различными экологическими ресурсами (даже различные коэффициенты вариации фактической концентрации загрязняющего вещества приводят к этому выводу). При таком подходе одному и тому же значению ПДК будут соответствовать различные значения риска деградации окружающей среды, что недопустимо;

- значения ПДК после проведения специальных биологических исследований можно проверять расчётами по допустимому риску, который возможно должен оставаться близким значению  $1 \cdot 10^{-4}$ .

Напомним также, что в качестве характеристики опасности участка дороги при воздействии нескольких загрязнителей, можно воспользоваться суммарным риском как комплексным показателем, который может возникнуть на данном участке под совокупным влиянием всех вредных параметров системы «автомобиль – дорога».

Например, при движении транспортного потока по существующей автомобильной дороге можно отдельно установить следующие риски:

- риск возникновения ущерба от негативных последствий загрязнения окружающей среды вредным (токсичным) веществом;

- риск возникновения ущерба от негативных последствий шумового загрязнения от транспортного потока;

- риск возникновения ущерба от негативных последствий применения противогололедных реагентов при зимнем содержании и т.д.

Величина суммарного риска возникновения опасности от нежелательных событий на автомобильной дороге определяется по формулам (3.3.1)–(3.3.7).

### 3.4. Методика оценки риска поломки ходовых частей автомобиля по причине несовершенства параметров ровности покрытия

Неровности покрытия возникают при отклонении поверхности дороги от геометрически правильного очертания поверхности и являются параметрами микропрофиля.

Кроме вредных для автомобиля, водителя и пассажиров колебаний и вибраций, неровности покрытия существенно ухудшают условия работы водителя, так как он вынужден часто изменять траекторию движения, тормозить и разгоняться. На покрытиях с плохой ровностью происходят поломки ходовых частей автомобиля, возникают наезды на затормозивший перед неровностью автомобиль, происходят встречные столкновения при объезде крупных неровностей. С ухудшением ровности покрытия повышается аварийность.

Неровные покрытия увеличивают динамичность воздействия нагрузок на дорожную одежду и автомобиль, снижают межремонтный пробег автомобиля и срок службы дорожной одежды, увеличивают время и себестоимость перевозок, ухудшают сток воды с проезжей части, что тоже приводит к увеличению аварийности.

Поэтому оценку ровности покрытия выполняют по методике, учитывающей скорость движения автомобиля по неровной поверхности и риск причинения вреда участникам движения, как этого требуют закон Российской Федерации №184 «О техническом регулировании» и ГОСТ Р 51 898-2002 «Аспекты безопасности. Правила включения в стандарты».

Необходимо установить возможное влияние фактических параметров микропрофиля принимаемого в эксплуатацию покрытия (высот и длин неровностей) на вероятность возникновения ДТП.

Поэтому во время приёмки дороги в эксплуатацию в соответствии с трёхуровневой системой технического регулирования:

- измеряют фактические параметры неровностей покрытия;
- сравнивают измеренные параметры с допустимыми параметрами неровностей;
- выполняют процедуру оценки фактического риска возникновения ДТП при расчётной скорости движения автомобиля по построенному покрытию с использованием формулы (основанной на логнормальном распределении высот неровностей):

$$r = 0,5 - \Phi \left( \frac{\lg(h_{\text{кр}} / h_0)}{\sqrt{\lg^2 m_{\text{кр}} + \lg^2 m_0}} \right), \quad (3.4.1)$$

где  $h_{\text{кр}}$  – критическая высота неровностей, при появлении которой риск поломки ходовых частей автомобиля при расчётной скорости движения равен 50% ( $r = 0,5$ ), мм;  $h_0$  – модальная высота измеренных неровностей (распределённых по логарифмически нормальному закону), мм;  $m_{\text{кр}}$  – параметр распределения критических высот неровностей, мм;  $m_0$  – параметр распределения фактических высот неровностей, мм.

Расчётные параметры формулы (3.4.1) определяют по зависимостям:

$$h_{\text{кр}} = 1620 \cdot g \cdot \left( \frac{K_{\text{ж}} \cdot \ell_{\text{с.в}}}{V_p} \right)^2; \quad (3.4.2)$$

$$h_0 = 10^{\lg h_{\text{кр}} - \lg^2 \sigma_h}; \quad (3.4.3)$$

$$m_{\text{кр}} = 10^{1 - \frac{\lg V_p^2}{5}}; \quad (3.4.4)$$

$$m_0 = 1 + \lg^2 \sigma_h. \quad (3.4.5)$$

В формулах (3.4.2)–(3.4.5):

$h_{кр}$  – критическая для расчётной скорости движения ( $V_p$ ) высота (глубина) неровностей [см. описание к формуле (3.4.1)], мм;

$g$  – ускорение свободного падения, м/с<sup>2</sup>;

$l_{с.в.}$  – средневзвешенная по полосе наката длина неровностей, м;

$V_p$  – расчётная скорость на данном покрытии, при которой выполняется проверка (оценка) риска поломки ходовых частей автомобиля, км/ч;

$h_{ср}$  – среднее значение высот неровностей, мм;

$\sigma_h$  – среднеквадратическое отклонение высот неровностей, мм;

$K_{ж}$  – коэффициент, учитывающий запас жесткости подвески (рессор, пневматиков и амортизаторов):

- для легковых автомобилей, находящихся в длительной эксплуатации (свыше 5 лет) расчётное значение  $K_{ж} = 24$ ;

- для новых легковых автомобилей обычной проходимости принимают коэффициент запаса жёсткости в пределах  $K_{ж} = 2,5–2,6$ ;

- для автомобилей повышенной проходимости (джипов), автобусов и грузовых автомобилей  $K_{ж}^+ = 2,1 \cdot C_p^+ / C_p$ ;

здесь  $C_p^+$  – жёсткость подвески автомобиля повышенной проходимости (джипа), автобуса или грузового автомобиля при совместной работе основного и дополнительного (дополнительных) упругих элементов подвески, Н/м;

$C_p$  – жёсткость подвески легкового автомобиля обычной проходимости при совместной работе основного и дополнительного (дополнительных) упругих элементов подвески, Н/м.

**Примечание.** При проектировании автомобильных дорог принимают  $K_{ж} = 2,4$  (если в проектном задании не были оговорены другие условия).

Если риск поломки ходовых частей автомобилей, определяемый по формуле (3.4.1), превышает допустимую величину риска ( $1 \cdot 10^{-4}$ ) при движении с расчётной скоростью, то осуществляют процедуру исправления неровного покрытия. При риске поломки ходовых частей автомобиля, не превышающем допустимое значение, участок дороги по ровности покрытия принимают в эксплуатацию.

### 3.4.1. Понятие о детальном и рекогносцировочных методах обследования ровности покрытия

Все методы определения ровности делятся на детальные и рекогносцировочные (предварительные). Предварительные обследования позволяют выявить общее состояние дороги по ровности. По результатам обработки и анализа данных рекогносцировочного обследования выбирают участки для детального обследования.

Рекогносцировочные обследования не требуют высокой точности применяемых методов и приборов, а их высокая производительность позволяет оперативно провести обследование участков значительной протяженности. Показания этих приборов являются косвенными, так как данные приборы не измеряют длины и высоты неровностей, а выдают суммарное сжатие рессор (в сантиметрах) на участке дороги в один километр (см/км) при движении автомобиля со скоростью 50 км/ч (с фиксированной скоростью). По результатам рекогносцировочных обследований выбирают участки дорог для детального обследования, руководствуясь состоянием покрытия по ровности, следующим образом.

Детальные измерения ровности покрытия выполняют на участках дорог, где показания толчкомера или прицепного «Прибора контроля ровности и скользкости» ПКРС находятся у предела допуска или вышли за допустимые пределы. Детальные измерения выполняют при помощи реек различных конструкций или посредством высокоточного короткошагового нивелирования полосы покрытия на расстоянии одного метра от его кромки (по будущей полосе наката). Начальную и конечную точки участка детального обследования полосы покрытия и каждую 20-ю точку закрепляют.

#### 3.4.1.1. Приборы и методы рекогносцировочного обследования ровности покрытий

##### Толчкомер

Толчкомер конструкции ТХК-2 (рис.3.4.1) устанавливают в кузове автомобиля над его задним мостом. Колебания рессор через гибкий трос передаются на барабан счетного механизма толчкомера. Ровность дорожного покрытия оценивают суммарным сжатием рессор автомобиля на участке дороги длиной 1 км при постоянной скорости движения 50 км/ч. Регистрация показаний толчкомера осуществляется на бумажной ленте печатающего устройства счетного механизма, включаемого в нужный момент времени. Производительность толчкомера ТХК-2 составляет 170 км/смена.

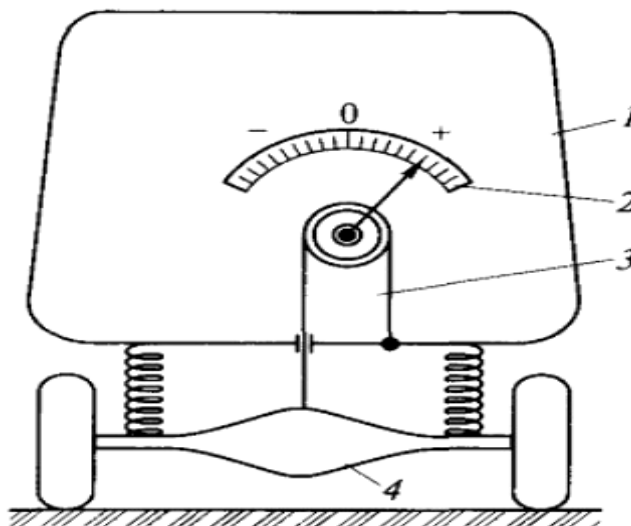


Рис.3.4.1. Толчкомер ТХК-2:  
1 – кузов автомобиля; 2 – шкала замера неровностей; 3 – трос; 4 – задний мост автомобиля

### **Прибор контроля ровности и скользкости (ПКРС)**

Автомобильная установка ПКРС – это прицепной одноколенный прибор контроля ровности и скользкости, прицепляемый к автомобилю типа

УАЗ-451М. Данный прибор оборудован датчиком ровности, самописцем и пультом управления, установленным в автомобиле.

Установка ПКРС, как и толчкомер, определяет суммарное сжатие подвески прибора на километр дороги (см/км). Однако способ регистрации другой – ведется непрерывная запись показаний ровности в форме графика на ленте самопишущего прибора.

Указанные выше приборы не позволяют определить неровности с длиной волны более 0,3 м и дают косвенные сведения о ровности, основанные на величинах сжатия рессор. Данные методы не учитывают влияния скорости движения автомобиля на поломку его ходовых частей при различных сочетаниях длин и высот неровностей и жёсткости рессор, пневматиков и амортизаторов. Такая методика возможна только при учёте вероятностной сущности перечисленных параметров покрытия и автомобиля.

#### **3.4.1.2 Приборы и методы детального обследования ровности покрытий**

Фактически неровности располагаются на поверхности дороги без строго определенного порядка и имеют разные размеры. Каждое колесо автомобиля при движении по неровной поверхности испытывает множество нерегулярных импульсов, суммарный эффект которых вызывает сложные колебательные процессы автомобиля. В связи с таким характером взаимодействия автомобиля и дороги для его исследования в последнее время применяют специальные разделы теории вероятностей – «динамика случайных процессов» и «теория стохастических (случайных) функций».

#### **Профилометр ДПП (динамический преобразователь профиля)**

Наиболее совершенным прибором, применяемым в России, является профилометр ДПП (динамический преобразователь профиля), разработанный в 1960-х гг. в МАДИ под руководством проф. А. А. Хачатурова (рис.3.4.2).

Данный прибор в процессе движения позволяет записывать микропрофиль поверхности дороги и полностью автоматизировать процесс измерения ровности, обработки получаемой информации на ЭВМ и выдачи результатов в международных индексах ровности *IRI*.

Принцип действия прибора основан на свойстве «медленного» маятника «запоминать» свое первоначальное положение, что позволяет регистрировать перемещение рамы прибора относительно маятника.



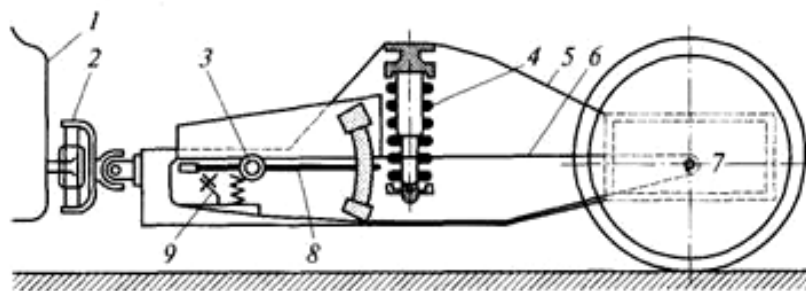


Рис. 3.4.2. Схема прибора для записи микропрофиля конструкции МАДИ:  
 1 – буксирующий автомобиль; 2 – шарнирное сцепное устройство;  
 3 – ось вращения маятника; 4 – амортизатор, гасящий колебания;  
 5 – наружная рама; 6 – внутренняя рама; 7 – груз; 8 – «медленный» маятник;  
 9 – датчик относительных перемещений маятника

### Рейки

Простейшим прибором для определения ровности дорожного покрытия и основания является трехметровая рейка (рис. 3.4.3).

Степень ровности дорожного покрытия оценивается по зазору между нижней плоскостью рейки, уложенной на проезжую часть, и поверхностью дорожного покрытия.

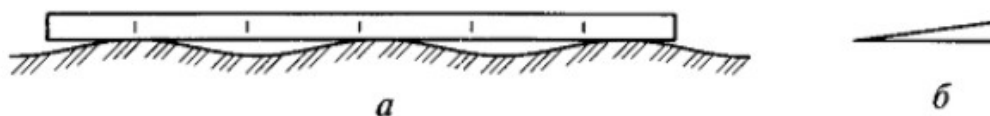


Рис. 3.4.3. Трехметровая рейка (а) с мерным клином (б)

Просветы под трехметровой рейкой измеряются с помощью клина в пяти контрольных точках, расположенных на расстоянии 0,5 м от концов рейки и друг от друга. Места приложения рейки должны равномерно располагаться по длине участка измерений. Общее число измерений просветов под рейкой на участке измерений должно быть не менее 120. Максимальный просвет под рейкой допускается не более 5 мм.

Основными недостатками такого способа определения ровности дорожного покрытия являются высокая трудоемкость и недостаточная точность.

К более совершенным приборам измерения ровности дорожного покрытия относятся двухопорная рейка ПКР-1 (рис. 3.4.4) и прибор РК-1 (рис. 3.4.5).

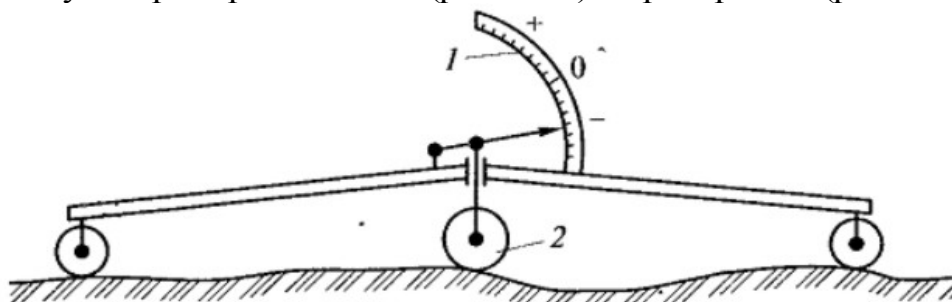


Рис. 3.5.4. Передвижная двухопорная рейка ПКР-1:  
 1 – шкала замера неровностей; 2 – колесо-индикатор

При измерении ровности дорожного покрытия двухпорная рейка (см. рис. 3.4.5) прокатывается по проезжей части и через равные расстояния (обычно через 1–3 м) регистрируются размеры просветов. Прибор состоит из измерительной рейки 1 длиной 3 м и электронного измерительного блока 3, соединенного с рейкой посредством гибкого электрического кабеля 2. На рейке установлены пять бесконтактных датчиков линейных перемещений, размещенных вдоль рейки через 50 см. К корпусу рейки прикреплены поворотные кронштейны, на которых установлены колеса. В середине рейки закреплен рычаг управления. На заднем колесе установлен бесконтактный датчик для регистрации пройденного пути. На лицевой панели электронного блока установлен двоичный переключатель, служащий для ввода значения допускаемого просвета для данного типа дорожного покрытия путем набора цифр.

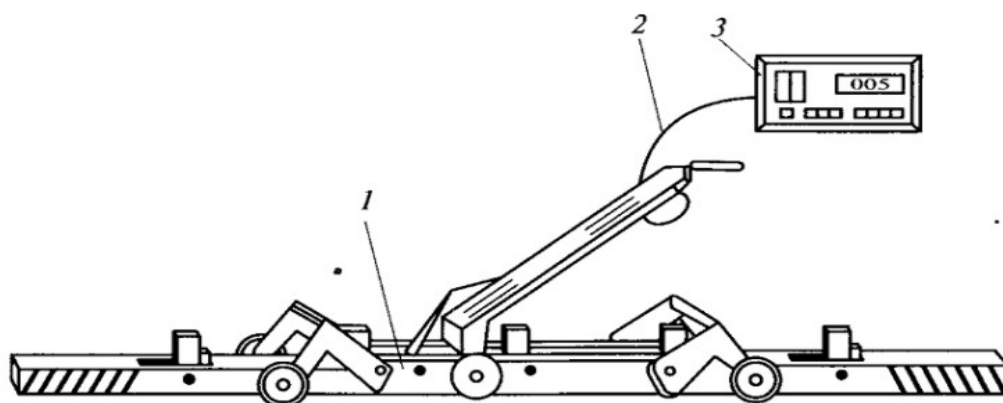


Рис. 3.4.5. Прибор РК-1:  
1 – измерительная рейка; 2 – электрический кабель; 3 – электронный измерительный блок

На контролируемом участке дороги рейку перемещают и через определенные расстояния прикладывают к дорожному покрытию. В месте измерения просветов производят запись размеров просветов в память прибора с суммированием их числа в трех диапазонах: до предельного значения просвета, от предельного до двукратного значения и свыше этого значения.

В приборе предусмотрена сигнализация при обнаружении просветов свыше двукратного значения заданного предела (место брака дорожного покрытия). Диапазон измерений дорожных просветов составляет 0...50 мм.

### Нивелирование покрытия

Детальное измерение ровности дорожного покрытия может быть выполнено короткошаговым нивелированием покрытия по оси дороги и по полосам наката. Начальную и конечную точки участка детального обследования полосы покрытия и каждую 20-ю точку закрепляют.

Нивелирование полосы наката на выделенном участке дороги выполняют с помощью нивелиров IV класса и реек с полусферическими подпятниками или обычных нивелирных реек.

Для надёжного определения в выборке фактического числа неровностей высотой до 2 мм минимальный шаг нивелирования на полосе наката не должен превышать 0,25 м. При этом длины неровностей получают кратными этому шагу (0,25 м) и определяют плановым положением трех точек: предыдущей, средней и последующей. Высоты неровностей определяют высотным положением этих же точек при сравнении фактической отметки или фактического отсчета по рейке на среднюю точку с вычисленной (проектной) отметкой или вычисленным (исправленным) отсчетом по рейке на эту же точку.

Минимальную длину волны неровностей устанавливают выражением

$$\ell_{\min} = \ell_1 = 2 \cdot d_{\min}, \quad (3.4.6)$$

где  $d_{\min} = d_1 = 0,25$  м. Поэтому  $\ell_{\min} = \ell_1 = 2 \cdot 0,25 = 0,50$  м.

Длина участка нивелирования ( $k$ ) должна быть кратной  $\ell_{\min} = 0,5$  м. Например, длина участка  $k = 24,25$  м не является кратной величине  $\ell_{\min} = 0,5$  м, так как при делении  $k / \ell_{\min}$  не получаем целочисленное значение.

Общее число нивелируемых точек определяют в зависимости от длины участка нивелирования ( $k$ ) и величины минимального шага ( $d_{\min}$ ) по выражению

$$N = \frac{k}{d_{\min}} + 1. \quad (3.4.7)$$

Число неровностей минимальной длины устанавливают по зависимости

$$m_1 = n - 1, \quad (3.4.8)$$

где  $n$  – число интервалов между точками нивелирного хода на полосе наката. Параметр  $n$  практически всегда на единицу меньше числа нивелируемых точек  $N$  (исключением является число интервалов между точками на кольце):

$$n = N - 1 = \frac{k}{d_{\min}}. \quad (3.4.9)$$

Длины остальных волн неровностей устанавливают в зависимости от длины минимальной волны (2.1) по выражению

$$\ell_j = j \cdot \ell_{\min}, \quad (3.4.10)$$

где  $j = 2, 3, 4, \dots, k / \ell_{\min}$ .

Число неровностей (количество волн) в  $j$ -й группе определяют по зависимости

$$m_j = m_{j-1} - 2, \quad (3.4.11)$$

где  $j = 2, 3, 4, \dots, k/\ell_{\min}$ . Например, при  $j=2$  по формуле (3.4.11) получают  $m_2 = m_1 - 2$ , где значение параметра  $m_1$  устанавливают по зависимости (3.4.8). При  $j = k/\ell_{\min}$  по формуле (3.4.11) получают одну (самую длинную) волну. Высоту (глубину) этой волны определяют в средней точке, используя для этого отсчеты по рейкам в трех точках, расположенных в начале, середине и конце всего нивелируемого участка полосы наката ( $k$ ).

Отметим, что если все высоты неровностей в  $j$ -й группе оказались равными нулю, то получают  $m_j$  раз отсутствие волн, а если для части волн  $m_0$  в этой группе высоты неровностей равны нулю, то количество волн в группе составит  $m_j - m_0$ .

Общее число волн неровностей устанавливают суммированием числа волн, полученных в каждой  $j$ -й группе ( $m = m_1 + m_2 + \dots + m_{k/\ell}$ ). Это (суммарное) число волн при отсутствии волн с нулевой высотой (при  $m_0 = 0$ ) равно числу неровностей, которое определяют по формуле

$$m = (n/2)^2,$$

где  $n$  – число интервалов между точками нивелирного хода на полосе наката.

Высоты волн неровностей устанавливают по трём точкам, расположенным друг от друга на равных интервалах:

✓ при нивелировании полосы наката на участке с постоянным продольным уклоном

$$\Delta y_{\text{ср}} = H_{\text{ср}} - \frac{H_{\text{пред}} + H_{\text{пос}}}{2}; \quad (3.4.12)$$

✓ при нивелировании полосы наката на выпуклой или вогнутой кривой

$$\Delta y_{\phi} = y_T - y_{\phi}. \quad (3.4.13)$$

В формулах (3.4.12) и (3.4.13):

$\Delta y_{\text{ср}}$  – высота (глубина) неровности в средней точке (с отметкой  $H_{\text{ср}}$ ) на линии постоянного уклона, м;

$H_{\text{пред}}, H_{\text{ср}}, H_{\text{пос}}$  – отметки трёх точек (предыдущей, средней и последующей), которые расположены друг от друга на равных интервалах  $d_i$ , м;

$\Delta y_\phi$  – фактическая высота (глубина) неровности на вертикальной кривой в средней точке (относительно предыдущей и последующей точек). Причем предыдущая и последующая точки расположены на одинаковых интервалах  $d_i$  от средней точки;

$y_\phi$  – фактический отсчёт по рейке на вертикальной кривой в средней точке между предыдущей и последующей (для которой вычисляется фактическая высота или глубина неровности), м;

$y_T$  – теоретический отсчет по рейке на вертикальной кривой в той же средней точке

$$y_T = 0,5 \cdot \left( y_{\text{пр}} + y_{\text{пос}} - \frac{d^2}{R_{\text{cp}}} \right), \quad (3.4.14)$$

где  $y_{\text{пр}}$ ,  $y_{\text{пос}}$  – фактические отсчеты по рейкам в предыдущей и последующей точках, м;  $d$  – отрезки равной длины между тремя точками (предыдущей и средней, средней и последующей точками), м;  $R_{\text{cp}}$  – среднее значение радиуса на вертикальной кривой, или фактическое значение радиуса ( $R_{\phi(i)}$ ) на участке отдельной неровности на вертикальной клотоиде.

Напомним, что минимальное расстояние между нивелируемыми точками должно быть не более 0,25 м, поэтому при  $d_1 = 0,25$  м в формуле (3.4.14) принимают:

$$d = d_1 = 0,25 \text{ м}; \quad d = d_2 = 0,50 \text{ м}; \quad d = d_3 = 0,75 \text{ м}; \quad \dots \quad d = d_{\text{max}} = k / 2,$$

где  $k$  – длина нивелируемого участка на вертикальной кривой. Причем при расстоянии  $d$ , равном 0,25 м, по формулам (3.4.13) и (3.4.14) определяются отсчет и высота волны в середине неровности длиной 0,5 метра; при  $d = 0,50$  м – в середине неровности длиной 1,0 м; при  $d = 0,75$  м – в середине неровности длиной 1,5 м и так далее.

Номера начальной ( $N_{\text{HT}}^0$ ) и конечной ( $N_{\text{КТ}}^0$ ) точек, отсчёты на которые используются в расчётах, устанавливают относительно номера средней ( $N_{\text{СТ}}^0$ ) точки по выражениям:

$$N_{\text{HT}}^0 = N_{\text{СТ}}^0 - \frac{l_j}{2 \cdot d_{\text{min}}}; \quad (3.4.15)$$

$$N_{\text{КТ}}^0 = N_{\text{СТ}}^0 + \frac{l_j}{2 \cdot d_{\text{min}}}. \quad (3.4.16)$$

Так, для 8-й точки при длине волны 2 метра имеем  $l_j = l_2 = 2$  м. Тогда начальная и конечная точки имеют номера:

$$N_{\text{HT}}^0 = 8 - \frac{2}{2 \cdot 0,25} = 8 - 4 = 4 \text{ точка}; \quad N_{\text{КТ}}^0 = 8 + \frac{2}{2 \cdot 0,25} = 8 + 4 = 12 \text{ точка}.$$

Результаты расчетов по данным формулам используют при оценке ровности покрытия по риску поломки ходовых частей автомобиля и риску ухудшения состояния водителя при движении автомобиля с расчётной скоростью по покрытию с конкретными характеристиками ровности. Установленную величину риска сравнивают с допустимым риском  $1 \cdot 10^{-4}$ .

Напомним, что минимальное расстояние между нивелируемыми точками должно быть 0,25 м, в предельном случае – не более 0,50 м.

Для случая  $d_{\min} = 0,25$  м приведён ниже полный пример расчёта параметров микропрофиля покрытия и риска поломки ходовых частей при движении автомобиля с расчётной скоростью.

Поэтому покажем расчёт параметров микропрофиля с другим шагом нивелирования, когда  $d_{\min} = 0,50$  м. Для указанного случая в формуле (3.4.14) принимают:

$$d = d_1 = 0,50 \text{ м}; \quad d = d_2 = 1,00 \text{ м}; \quad d = d_3 = 1,50 \text{ м}; \quad \dots \quad d = d_{\max} = k/2,$$

где  $k$  – длина нивелируемого участка на вертикальной кривой. Причем при расстоянии  $d$ , равном 0,50 м, по формулам (3.4.14) и (3.4.15) определяются отсчет по рейке и высота волны в середине неровности длиной 1,0 метра; при  $d = 1,00$  м – в середине неровности длиной 2,0 м; при  $d = 1,50$  м – в середине неровности длиной 3,0 м и так далее.

В табл. 3.4.1 показано, как следует пользоваться формулами (3.4.16) и (3.4.17) на примере нивелирования участка длиной 7 метров при шаге нивелирования 0,50 метра.

Так, при  $k = 7,00$  м и  $d_{\min} = 0,50$  м по формулам (3.4.7), (3.4.9) получаем:

$$N = \frac{k}{d_{\min}} + 1 = \frac{7,0}{0,5} + 1 = 15 \text{ точек}; \quad n = \frac{k}{d_{\min}} = \frac{7,0}{0,5} = 14 \text{ интервалов}.$$

Общее количество неровностей

$$m = \left(\frac{n}{2}\right)^2 = \left(\frac{14}{2}\right)^2 = 49 \text{ волн неровностей}.$$

Длины волн (см. верхнюю строку в табл.3.4.1) и количество волн в группе (см. нижнюю строку в табл.3.4.1) определяют по формулам (3.4.10) и (3.4.11):

$$l_1 = 2 \cdot d_{\min} = 2 \cdot 0,50 = 1,00 \text{ м}; \quad m_1 = n - 1 = 14 - 1 = 13 \text{ волн (см. табл. 3.4.1)};$$

$$l_2 = 2 \cdot l_{\min} = 2 \cdot 1,00 = 2,00 \text{ м}; \quad m_2 = m_1 - 2 = 13 - 2 = 11 \text{ волн};$$

$$l_3 = 3 \cdot l_{\min} = 3 \cdot 1,00 = 3,00 \text{ м}; \quad m_3 = m_2 - 2 = 11 - 2 = 9 \text{ волн};$$

$$l_4 = 4 \cdot l_{\min} = 4 \cdot 1,00 = 4,00 \text{ м}; \quad m_4 = m_3 - 2 = 9 - 2 = 7 \text{ волн};$$

$$l_5 = 5 \cdot l_{\min} = 5 \cdot 1,00 = 5,00 \text{ м}; \quad m_5 = m_4 - 2 = 7 - 2 = 5 \text{ волн};$$

$$l_6 = 6 \cdot l_{\min} = 6 \cdot 1,00 = 6,00 \text{ м}; \quad m_6 = m_5 - 2 = 5 - 2 = 3 \text{ волны};$$

$$l_7 = 7 \cdot l_{\min} = 7 \cdot 1,00 = 7,00 \text{ м}; \quad m_7 = m_6 - 2 = 3 - 2 = 1 \text{ волна}.$$

Общее количество волн:

$$m = m_1 + m_2 + m_3 + m_4 + m_5 + m_6 + m_7 =$$

$$= 13 + 11 + 9 + 7 + 5 + 3 + 1 = 49 \text{ волн неровностей}$$

на длине участка 7 метров. Контроль сошёлся  $49=49$ .

При принятых обозначениях высот неровностей, показанных в поле табл. 3.4.1, имеется три индекса. Это номера точек: предыдущей, средней и последующей, по отсчётам на которые (см. вторую колонку табл. 3.4.1) вычислен в средней точке теоретический (исправленный) отсчёт по рейке с использованием формулы (3.4.15). Высота (глубина) неровности в этой же (средней) точке определена по формуле (3.4.14) по разности фактического и теоретического отсчётов в средней точке. Так, для вычисления высот неровностей в 8-й точке:

- при длине волны 1 метр (см. обозначение  $\pm \Delta y_{7,8,9}$ ) используют отсчёты  $y_7$  и  $y_9$  на 7 и 9 точки;

- а при длине волны 7 метров (см. обозначение  $\pm \Delta y_{1,8,15}$ ) используют отсчёты  $y_1$  и  $y_{15}$  на 1 и 15 точки.

Т а б л и ц а 3.4.1

Высоты неровностей покрытия (мм) при шаге нивелирования через 0,5 м

№ точек	Фактические отсчёты, м	Длины волн, м						
		1,0	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0	7,0
		Высоты неровностей, мм						
1	$y_1$							
2	$y_2$	$\pm \Delta y_{1,2,3}$						
3	$y_3$	$\pm \Delta y_{2,3,4}$	$\pm \Delta y_{1,3,5}$					
4	$y_4$	$\pm \Delta y_{3,4,5}$	$\pm \Delta y_{2,4,6}$	$\pm \Delta y_{1,4,7}$				
5	$y_5$	$\pm \Delta y_{4,5,6}$	$\pm \Delta y_{3,5,7}$	$\pm \Delta y_{2,5,8}$	$\pm \Delta y_{1,5,9}$			
6	$y_6$	$\pm \Delta y_{5,6,7}$	$\pm \Delta y_{4,6,8}$	$\pm \Delta y_{3,6,9}$	$\pm \Delta y_{2,6,10}$	$\pm \Delta y_{1,6,11}$		
7	$y_7$	$\pm \Delta y_{6,7,8}$	$\pm \Delta y_{5,7,9}$	$\pm \Delta y_{4,7,10}$	$\pm \Delta y_{3,7,11}$	$\pm \Delta y_{2,7,12}$	$\pm \Delta y_{1,7,13}$	
8	$y_8$	$\pm \Delta y_{7,8,9}$	$\pm \Delta y_{6,8,10}$	$\pm \Delta y_{5,8,11}$	$\pm \Delta y_{4,8,12}$	$\pm \Delta y_{3,8,13}$	$\pm \Delta y_{2,8,14}$	$\pm \Delta y_{1,8,15}$
9	$y_9$	$\pm \Delta y_{8,9,10}$	$\pm \Delta y_{7,9,11}$	$\pm \Delta y_{6,9,12}$	$\pm \Delta y_{5,9,13}$	$\pm \Delta y_{4,9,14}$	$\pm \Delta y_{3,9,15}$	
10	$y_{10}$	$\pm \Delta y_{9,10,11}$	$\pm \Delta y_{8,10,12}$	$\pm \Delta y_{7,10,13}$	$\pm \Delta y_{6,10,14}$	$\pm \Delta y_{5,10,15}$		
11	$y_{11}$	$\pm \Delta y_{10,11,12}$	$\pm \Delta y_{9,11,13}$	$\pm \Delta y_{8,11,14}$	$\pm \Delta y_{7,11,15}$			
12	$y_{12}$	$\pm \Delta y_{11,12,13}$	$\pm \Delta y_{10,12,14}$	$\pm \Delta y_{9,12,15}$				
13	$y_{13}$	$\pm \Delta y_{12,13,14}$	$\pm \Delta y_{11,13,15}$					
14	$y_{14}$	$\pm \Delta y_{13,14,15}$						
15	$y_{15}$							
	$\Delta y_{CP(m_j)}$	$\Delta y_{CP(m_1)}$	$\Delta y_{CP(m_2)}$	$\Delta y_{CP(m_3)}$	$\Delta y_{CP(m_4)}$	$\Delta y_{CP(m_5)}$	$\Delta y_{CP(m_6)}$	$\Delta y_{CP(m_7)}$
	$m_j$	13	11	9	7	5	3	1

При этом в формуле (3.4.14) используют фактический отсчёт ( $y_\phi = y_8$ ) и теоретический отсчёт ( $y_T$ ), установленный по формуле (3.4.14), на 8-ю точку.

Номера начальной ( $N_{HT}$ ) и конечной ( $N_{КТ}$ ) точек, отсчёты на которые используются в расчётах, устанавливаются по формулам (3.4.15) и (3.4.16).

Так, для 8-й точки при длине волны 2 метра имеем  $\ell_j = \ell_2 = 2$  м. Тогда начальная и конечная точки имеют номера:

$$N_{HT} = 8 - \frac{2}{2 \cdot 0,50} = 8 - 2 = 6 \text{ точка}; \quad N_{КТ} = 8 + \frac{2}{2 \cdot 0,50} = 8 + 2 = 10 \text{ точка}.$$

В табл. 3.4.1 при  $\ell_j = \ell_2 = 2$  м напротив 8-й точки высота волны обозначена индексами  $\pm \Delta y_{6,8,10}$  и, следовательно, отсчёты  $y_6$  и  $y_{10}$  на 6 и 10 точки использовались в формуле (3.4.16) для вычисления теоретического отсчёта на 8-ю точку.

Для всех групп волн устанавливаются средние по модулю значения высот неровностей (см. предпоследнюю строчку в табл. 3.4.1).

Эти результаты используют при оценке ровности покрытия по риску поломки ходовых частей автомобиля и риску ухудшения состояния водителя при движении автомобиля с расчётной скоростью по покрытию с конкретными характеристиками ровности. Установленную величину риска сравнивают с допустимым риском  $1 \cdot 10^{-4}$ .

### 3.4.2. Оценка контроля пикетажного и высотного положения вершины вертикальной кривой, запроектированной по параболе второй степени

Расстояния от вершины вертикальной кривой до начальной ( $X_{НАЧ}$ ) и конечной ( $X_{КОН}$ ) точек участка при контроле ровности покрытия определяют по формулам:

✓ при расположении участка на выпуклой кривой

$$X_{НАЧ} = \frac{R}{k} \cdot (y_0^{НАЧ} - y_0^{КОН}) + \frac{k}{2}; \quad (3.4.18)$$

$$X_{КОН} = \frac{R}{k} \cdot (y_0^{КОН} - y_0^{НАЧ}) + \frac{k}{2}; \quad (3.4.19)$$

✓ при расположении участка на вогнутой кривой

$$X_{КОН} = \frac{R}{k} \cdot (y_0^{КОН} - y_0^{НАЧ}) + \frac{k}{2}; \quad (3.4.20)$$

$$X_{НАЧ} = \frac{R}{k} \cdot (y_0^{НАЧ} - y_0^{КОН}) + \frac{k}{2}. \quad (3.4.21)$$



В формулах (3.4.18) – (3.4.21):

$R$  – среднее значение радиуса вертикальной кривой, м;

$k$  – длина участка детального нивелирования покрытия дороги (см. подразд. 3.4.1), м;

$y_0^{\text{НАЧ}}$  и  $y_0^{\text{КОН}}$  – приведённые отчёты по рейкам в начале и конце нивелируемого участка к базовому горизонту инструмента, м.

Формулы (3.4.18)–(3.4.21) справедливы для вертикальных кривых, как с фактическими, так и с фиктивными вершинами.

Вычисляют пикетажное положение вершины вертикальной кривой по зависимостям:

$$\text{пкВК} = \text{пкНК} + X_{\text{НАЧ}}; \quad (3.4.22)$$

$$\text{пкВК} = \text{пкКК} + X_{\text{КОН}}; \quad (3.4.23)$$

где  $\text{пкНК}$  и  $\text{пкКК}$  – пикетажное положение начала и конца нивелируемого участка, установленное по пикетажу продольного профиля дороги.

Сравнивают пикетажное положение вершины вертикальной кривой с проектным пикетажным положением вершины на продольном профиле дороги.

Устанавливают приведённую к базовому горизонту ординату в вершине вертикальной кривой по формулам:

$$y_0^{\text{ВЕРШ}} = y_0^{\text{НАЧ}} \pm \frac{X_{\text{НАЧ}}^2}{2 \cdot R}; \quad (3.4.24)$$

$$y_0^{\text{ВЕРШ}} = y_0^{\text{КОН}} \pm \frac{X_{\text{КОН}}^2}{2 \cdot R}. \quad (3.4.25)$$

В формулах (3.4.24) и (3.4.25) знаки: «-» – для выпуклых кривых, «+» – для вогнутых.

Определяют отметку вершины выпуклой кривой нивелированием от опорной высотной сети и расчётным путём по формуле

$$H_{\text{ВК}} = \text{ГИ}_0 - y_0^{\text{ВЕРШ}}, \quad (3.4.26)$$

где  $\text{ГИ}_0$  – базовый горизонт инструмента.

Сравнивают высотное положение вершины вертикальной кривой с проектной отметкой вершины на продольном профиле дороги.

### 3.4.3. Статистическая обработка результатов измерений

Обработку результатов измерений геометрических и транспортно-эксплуатационных параметров дороги выполняют с помощью методик, описанных в специальной литературе (например, применяют метод суммирования или мультипликативный метод для определения средних

значений и среднеквадратических отклонений исследуемых параметров), или производят расчёт параметров по следующим формулам математической статистики.

Среднее значение любого измеренного или вычисленного параметра (например радиусов кривых в продольном профиле) определяют по зависимости

$$A_{\text{CP}} = \frac{\sum_1^n A_i}{n}, \quad (3.4.27)$$

где  $A_i$  – величина  $i$ -го измеренного (или вычисленного по результатам измерений) параметра;  $\sum_1^n A_i$  – сумма всех измеренных (вычисленных) параметров;  $n$  – число измеренных (вычисленных) значений параметра  $A_i$ , которое должно быть больше или равно числу, устанавливаемому по формуле

$$n = (t^2 \cdot \sigma_A^2) / \Delta^2; \quad (3.4.28)$$

здесь  $t$  – коэффициент значимости. При доверительной вероятности 95%  $t = 1,96 \approx 2$ ;  $\Delta$  – ожидаемая (желаемая) точность средней величины параметра;  $\sigma_A$  – среднеквадратическое отклонение параметра, определяемое:

✓ при назначении требуемого числа измерений (вычислений) по разбросу между максимальным ( $A_{\text{max}}$ ) и минимальным ( $A_{\text{min}}$ ) значениями измеренных или вычисленных параметров

$$\sigma_A = (A_{\text{max}} - A_{\text{min}}) / 6;$$

✓ при использовании всех измеренных или вычисленных значений параметра

$$\sigma_A = \sqrt{\frac{\sum_1^n (A_i - A_{\text{CP}})^2}{n-1}}. \quad (3.4.29)$$

Формулы (3.4.27) и (3.4.29) могут быть заменены зависимостями:

$$A_{\text{CP}} = \sum_1^n A_i \cdot p_i; \quad (3.4.30)$$

$$D = \sum_1^n (A_i - A_{\text{CP}})^2 \cdot p_i; \quad (3.4.31)$$

$$\sigma_A = \sqrt{D}, \quad (3.4.32)$$

где  $D$  – дисперсия распределения;  $p_i$  – частота появления значений параметра в  $i$ -м разряде.

При вычислении средних значений радиусов кривых в плане и вертикальных кривых необходимо вводить в расчёт выбраковку некоторых радиусов, аномальных по своей величине (в связи с грубыми промахами строителей при назначении планового или высотного положения отдельных точек). Выбраковку аномальных радиусов выполняют методами математической статистики с применением приложений, представленных в [54-60].

Общепринятым признаком, вызывающим необходимость проверки радиусов на аномальность, является то, что их значения отстоят от основной совокупности на большом удалении. Например, разбив радиусы вертикальной кривой на разряды, получили, что основная масса радиусов (пусть 87 штук из 100) попала в разряды с первого по двенадцатый, 10 радиусов (пропустив с 13 разряда по 26 разряд) находятся в разрядах с 27 и выше, а три радиуса на вертикальной круговой кривой равны бесконечности. Очевидно, проверке на аномальность подлежат 10 удалённых от основной совокупности радиусов и без проверки подлежат выбраковке радиусы равные бесконечности. Начинают процедуру выбраковки с того, что предварительно определяют среднее значение радиусов и их среднее квадратическое отклонение по всем установленным значениям (исключая только радиусы, равные бесконечности). То есть для данного примера по формулам (3.4.27) и (3.4.29) предварительно определяют параметры  $R_{CP}$  и  $\sigma_R$  по значениям 97 радиусов.

Выбраковку выполняют двумя методами.

1. Для наименьшего радиуса из проверяемых максимальных радиусов, который в примере находится в 27-м разряде ( $R_{27}^{max}$ ), определяют значение функции

$$Z = \frac{R_{27}^{max} - R_{CP}}{\sigma_R}. \quad (3.4.33)$$

По приложению 3 [60] (для разряда  $n = 27$  и при  $\alpha = 5\%$ ) устанавливают значение  $Z_\alpha$ .

При условии  $Z > Z_\alpha$  проверяемый радиус является аномальным. Если радиус, находящийся в 27-м разряде, получится аномальным, то остальные 9 радиусов, находящиеся в более дальних разрядах, тоже являются аномальными.

2. Параметры  $R_{CP}$  и  $\sigma_R$  вычислены по большому числу радиусов ( $m = 97$ ), поэтому можно считать среднее значение радиусов равным математическому ожиданию. В этом случае максимальное значение радиуса не должно превысить значение, определяемое выражением

$$R_{экстр} = R_{CP} + t_{P,m} \cdot \sigma_R. \quad (3.4.34)$$

Параметр  $t_{p,m}$  устанавливают по приложению 4 с учётом доверительной вероятности  $P$  и по числу измерений  $m$ . При  $m \approx 100$  и  $P = 95\%$  по приложению в работе [60] находим  $t_{p,m} = 3,281$ . Тогда по формуле (3.4.34) устанавливают экстремальное значение радиуса  $R_{\text{экстр}} = R_{\text{CP}} + 3,281 \cdot \sigma_R$ . Все радиусы, отвечающие условию  $R_{\text{max}} > R_{\text{экстр}}$ , являются аномальными по отношению к основной массе радиусов, находящихся в разрядах с первого по двенадцатый.

Окончательный расчёт среднего радиуса вертикальной кривой и среднеквадратического отклонения радиусов выполняют по формулам (3.4.27) и (3.4.29) или другим формулам и методикам после выбраковки аномальных радиусов.

Сложнее, чем средние значения, определяются средневзвешенные величины; например, сложнее определить средневзвешенную длину неровностей на покрытии дороги, чем средние значения перечисленных выше параметров. Средневзвешенные величины устанавливают в том случае, когда одни значения параметра (например минимальные значения) наиболее весомы (встречаются чаще и наиболее опасны), чем другие (например максимальные значения параметра). Так, например, чем меньше длина высокой неровности, тем данная неровность опаснее для движения автомобиля с большой скоростью. И, наоборот, чем больше длина такой же по высоте неровности, тем меньшее влияние она оказывает на колебания и выносливость неподрессоренных и поддрессоренных частей автомобиля. Например, для неровностей с высотой 0,2 метра и длинами волн 14 метров при скорости движения 120 км/ч коэффициент динамичности равен 2,85 ( $K_D^{\text{max}} = 2,85$ ), что не превышает расчетное значение этого коэффициента для отечественных автомобилей обычной проходимости ( $K_{D(P)} = 3,0$ ).

Для той же высоты неровности, но при длине волны 4,2 метра даже при скорости движения 40 км/ч значение этого коэффициента становится равным 3,17 и, следовательно, недопустимым для автомобилей, подвески которых рассчитаны на коэффициент динамичности  $K_{D(P)} = 3,0$ .

В этом нетрудно убедиться, учитывая, что расчётное значение коэффициентов динамичности при проектировании подвесок отечественных автомобилей принимают, как правило, равным 3,0, а фактические коэффициенты динамичности можно определить по зависимости

$$K_D = 1 + \frac{16 \cdot V^2 \cdot \Delta y}{g \cdot \ell^2}, \quad (3.4.35)$$

где  $K_D$  – коэффициент динамичности, показывающий относительное увеличение нагрузки в вершине волны данной неровности;  $V$  – скорость

движущегося автомобиля, м/с;  $\Delta y$  – высота (глубина) волны неровности, м;  $g = 9,81 \text{ м/с}^2$  – ускорение свободного падения;  $\ell$  – длина волны неровности, обуславливающая период колебания кузова ( $T_{\text{куз}}$ ) автомобиля, м.

Учесть сказанное можно только введением весов в длины волн. При этом самая представительная группа волн (часто встречающаяся на покрытии короткая волна) имеет вес в средневзвешенной длине неровностей, равный единице ( $P_{j=1}=1$ ), а остальные группы волн обладают весами, меньшими единицы ( $P_j < 1$ ). Причем, чем длиннее волна и чем меньше ее высота и повторяемость, тем меньше вес этой волны. Этим условиям соответствует средневзвешенная длина неровностей, определяемая по формуле

$$\ell_{\text{св}} = \frac{P_1 \cdot \ell_1 + P_2 \cdot \ell_2 + \dots + P_K \cdot \ell_K}{P_1 + P_2 + \dots + P_K} = \frac{\sum_1^K P_j \cdot \ell_j}{\sum_1^K P_j}, \quad (3.4.36)$$

где  $P_j$  – вес волн  $j$ -й длины ( $j$ -й группы);  $\ell_j$  – длина волн  $j$ -й группы [см. формулы (3.4.6) и (3.4.10)], м.

При вычислении весов волн ( $P_j$ ) устанавливают постоянный для всех весов безразмерный коэффициент

$$K_p = \frac{h_{\text{кр}(m_1)}}{\Delta y_{\text{ср}(m_1)}}, \quad (3.4.37)$$

где  $h_{\text{кр}(m_1)}$  – критическая при расчётной скорости движения автомобиля высота неровностей для длин волн ( $\ell_1$ ) самой представительной группы ( $m_1$ ), мм;  $\Delta y_{\text{ср}(m_1)}$  – средняя по абсолютной величине высота волн самой представительной группы (см. предпоследнюю строку в табл. 3.4.1), мм.

Критическую высоту неровностей  $h_{\text{кр}(m_1)}$  при расчете постоянного коэффициента весов  $K_p$  определяют для минимальных длин волн [установленных по формуле (3.4.6) и представленных выборкой в количестве (3.4.8)] по зависимости

$$h_{\text{кр}(m_1)} = 1620 \cdot g \cdot \left( \frac{K_{\text{ж}} \cdot \ell_1}{V_p} \right)^2, \quad (3.4.38)$$

где  $g$  – ускорение свободного падения,  $\text{м/с}^2$ ;  $K_{\text{ж}}$  – коэффициент, учитывающий запас жесткости рессор, пневматиков и амортизаторов ( $K_{\text{ж}} = 2,4-2,6$ );  $\ell_1$  – см. формулу (3.4.6), м;  $V_p$  – расчётная скорость движения автомобиля, км/ч.

Среднюю по абсолютной величине высоту волн самой представительной группы в формуле (3.4.35) устанавливают по выражению

$$\Delta y_{CP(m_1)} = \frac{\sum_1^m |\Delta y_{\phi_i}|}{m_1}, \quad (3.4.39)$$

где  $|\Delta y_{\phi_i}|$  – взятая по модулю фактическая высота (глубина)  $i$ -й неровности в самой представительной группе волн, определяемая по формуле (3.4.12) на линии постоянного уклона или по формуле (3.4.13) на вертикальной кривой, мм;  $m_1$  – фактическое число волн в самой представительной группе, определяемое по формуле (3.4.8).

Результаты расчёта по формуле (3.4.8) показывают в предпоследней строке третьей графы табл.3.4.1.

Вес волн  $j$ -й группы ( $j$ -й длины) устанавливают по выражению

$$P_j = \frac{m_j}{m_1} \cdot \frac{\Delta y_{CP(m_j)}}{h_{KP(m_j)}} \cdot K_P, \quad (3.4.40)$$

где  $m_j$  – фактическое число неровностей в группе  $j$ -й длины (см. последнюю строку в табл.3.4.1);  $m_1$  – то же в самой представительной группе (при  $j=1$ );  $\Delta y_{CP(m_j)}$  – средняя по абсолютному значению высота неровностей в группе  $j$ -й длины (см. предпоследнюю строку в табл.3.4.1), мм;  $h_{KP(m_j)}$  – критическая для расчётной скорости движения автомобиля ( $V_P$ ) высота неровностей на волнах  $j$ -й длины (при  $j \neq 1$ ), мм.

Параметр  $\Delta y_{CP(m_j)}$  для волны  $j$ -й длины устанавливают по формуле, аналогичной формуле (3.4.39):

$$\Delta y_{CP(m_j)} = \frac{\sum_1^m |\Delta y_{\phi_i}|}{m_j}, \quad (3.4.41)$$

где  $|\Delta y_{\phi_i}|$  – взятая по модулю фактическая высота (глубина)  $i$ -й неровности в группе волн, номер которой определяется формулой (3.4.11). Значения  $|\Delta y_{\phi_i}|$  – устанавливают по формуле (3.4.12) или (3.4.13), в зависимости от того, на линии постоянного уклона или на вертикальной кривой находятся эти точки, мм;  $m_j$  – см. формулу (3.4.11).

Критическую [для расчётной скорости движения автомобиля ( $V_p$ )] высоту неровностей на волнах  $j$ -й длины (при  $j \neq 1$ ) определяем по формуле, аналогичной формуле (3.4.38):

$$h_{KP(m_j)} = 1620 \cdot g \cdot \left( \frac{K_{ж} \cdot \ell_j}{V_p} \right)^2, \quad (3.4.42)$$

где  $g$ ,  $K_{ж}$ ,  $V_p$  – то же, что в формуле (3.4.38);  $\ell_j$  – см. формулу (3.4.10).

Важно отметить, что рассчитанные по формулам (3.4.36) и (3.4.40) средневзвешенные длины неровностей и веса волн не зависят от изменения фактической скорости движения и коэффициента запаса жёсткости подвески, а зависят только от высоты волн и частоты (повторяемости) тех или иных волн в выборке. При этом, как уже отмечалось, вес самых коротких волн всегда равен единице, а с ростом длины волны веса волн уменьшаются и для самых больших волн при выборке, соответствующей формуле (3.4.28), стремятся к нулю.

При определении среднего значения ( $h_{CP}$ ) и среднеквадратического отклонения ( $\sigma_h$ ) всех высот неровностей используют формулы (3.4.27) и (3.4.29) или применяют методики, описанные в специальной литературе по статистической обработке результатов измерений.

Средние значения ( $A_{CP}$ ) и среднеквадратические отклонения ( $\sigma_A$ ) параметров геометрических элементов и транспортно-эксплуатационных показателей ( $\ell_{CB}$ ,  $h_{CP}$ ,  $\sigma_h$ ) принимаемых в эксплуатацию дорог используют в процедурах анализа и оценки риска причинения вреда человеку (пользователю автомобильных дорог). Эти показатели  $A_{CP}$ ,  $\sigma_A$  и  $\ell_{CB}$ ,  $h_{CP}$ ,  $\sigma_h$  характеризуют риск, допущенный строителями при переносе проекта дороги в натуру.

#### 3.4.4. Оценка риска поломки ходовых частей автомобиля на исследуемом участке дороги (Пример расчёта)

По данным рекогносцировочных обследований покрытия, суммарное сжатие рессор по показаниям прибора ровности и скользкости (ПКРС) превысило 500 см/км при скорости движения испытательной ходовой лаборатории 50 км/ч.

Характерным участком такого покрытия является линия постоянного уклона. В пределах этого участка было проведено детальное обследование ровности покрытия с помощью короткошагового высокоточного нивелирования по линии будущей полосы наката (в одном метре от кромки покрытия). В табл. 3.4.4.1 дан пример результатов нивелирования (снятых отсчётов по рейке) на отрезке длиной 14 метров при шаге нивелирования

через 0,25 метра. Расчётная скорость движения для данной категории (и класса) дороги 120 км/ч.

Т а б л и ц а 3.4.4.1

Отсчёты по рейкам на участке линии с постоянным уклоном  
на длине участка 14 метров

№ точек	Расстояние от начала участка, м	Фактические отсчёты по рейкам, м	№ точек	Расстояние от начала участка, м	Фактические отсчёты по рейкам, м	№ точек	Расстояние от начала участка, м	Фактические отсчёты по рейкам, м
1	0,0	1,510	20	4,75	1,512	39	9,5	1,498
2	0,25	1,510	21	5	1,514	40	9,75	1,498
3	0,5	1,511	22	5,25	1,519	41	10	1,499
4	0,75	1,513	23	5,5	1,521	42	10,25	1,500
5	1	1,515	24	5,75	1,519	43	10,5	1,501
6	1,25	1,512	25	6,0	1,519	44	10,75	1,500
7	1,5	1,511	26	6,25	1,517	45	11	1,500
8	1,75	1,511	27	6,5	1,512	46	11,25	1,500
9	2,3	1,510	28	6,75	1,510	47	11,5	1,500
10	2,5	1,510	29	7	1,510	48	11,75	1,500
11	2,75	1,510	30	7,25	1,512	49	12,0	1,502
12	3,0	1,510	31	7,5	1,509	50	12,25	1,499
13	3,25	1,509	32	7,75	1,505	51	12,5	1,498
14	3,5	1,511	33	8	1,501	52	12,75	1,498
15	3,75	1,513	34	8,25	1,500	53	13	1,494
16	4	1,515	35	8,5	1,499	54	13,25	1,492
17	4,25	1,512	36	8,75	1,496	55	13,5	1,490
18	4,5	1,509	37	9,0	1,494	56	13,75	1,489
19	2	1,509	38	9,25	1,494	57	14	1,487

**Последовательность расчёта**

1. Определение фактических длин и высот неровностей покрытия по линии прогнозируемой полосы наката.

Устанавливаем:

Минимальную длину волны неровностей по формуле (3.4.6):

$$l_{\min} = l_1 = 2 \cdot d_{\min} = 2 \cdot 0,25 = 0,5 \text{ м.}$$

Общее число нивелируемых точек по формуле (3.4.7)

$$N = \frac{k}{d_{\min}} + 1 = \frac{14}{0,25} + 1 = 57 \text{ точек.}$$

Число интервалов между точками по (3.4.9):

$$n = \frac{k}{d_{\min}} = \frac{14}{0,25} = 56 \text{ интервалов.}$$



Число неровностей минимальной длины по (3.4.8):

$$m_1 = n - 1 = 56 - 1 = 55 \text{ волн.}$$

Длины остальных волн неровностей ( $l_j$ ) по (3.4.10) и число волн неровностей в  $j$ -й группе ( $m_j$ ) по (3.4.11):

$$l_2 = 2 \cdot l_{\min} = 2 \cdot 0,5 = 1,00 \text{ м}; \quad m_2 = m_1 - 2 = 55 - 2 = 53 \text{ волны};$$

$$l_3 = 3 \cdot l_{\min} = 3 \cdot 0,5 = 1,5 \text{ м}; \quad m_3 = m_2 - 2 = 53 - 2 = 51 \text{ волна};$$

$$l_4 = 4 \cdot l_{\min} = 4 \cdot 0,5 = 2,00 \text{ м}; \quad m_4 = m_3 - 2 = 51 - 2 = 49 \text{ волн};$$

$$l_5 = 5 \cdot l_{\min} = 5 \cdot 0,5 = 2,50 \text{ м}; \quad m_5 = m_4 - 2 = 49 - 2 = 47 \text{ волн};$$

$$\dots$$

$$l_{28} = 28 \cdot l_{\min} = 28 \cdot 0,5 = 14,00 \text{ м.} \quad m_{28} = m_{27} - 2 = 3 - 2 = 1 \text{ волна.}$$

Общее число волн неровностей ( $m$ ):

$$m = \binom{n}{2} = \binom{56}{2} = 784 \text{ волн или высот неровностей.}$$

Результаты расчёта длин и числа неровностей показываем в табл.3.4.4.2. Общее число нивелируемых точек, установленное по зависимости (3.4.8), показываем в первой колонке.

Переходим к вычислению высот неровностей при длине волн, равной 0,5 м. Выписываем из табл.3.4.4.2 отметки точек в 1, 2 и 3 точках:

$$y_{T(1)} = H_{T(1)} = 8490 \text{ мм}; \quad y_{T(2)} = H_{T(2)} = 8490 \text{ мм}; \quad y_{T(3)} = H_{T(3)} = 8489 \text{ мм.}$$

Используя данные отметки точек, определяем высоту (глубину) неровности во второй точке по формуле (3.4.12):

$$\Delta y_{T(2)} = y_{T(2)} - \left( \frac{y_{\text{пр}} + y_{\text{пос}}}{2} \right) = 8490 - \left( \frac{8490 + 8489}{2} \right) = 0,5 \text{ мм.}$$

Поступая аналогично (при той же длине волны 0,5 м), получаем высоту (глубину) неровности, например, в 5 точке: по отметкам в 4, 5 и 6 точках. Аналогичным расчётом получили 2,5 мм.

Для последней неровности (длиной 0,5 м), высота (глубина) которой находится в 56 точке, получаем:

$$\Delta y_{T(56)} = y_{T(56)} - \left( \frac{y_{\text{пр}} + y_{\text{пос}}}{2} \right) = 8511 - \left( \frac{8510 + 8513}{2} \right) = -0,5 \text{ мм.}$$

Эти результаты расчёта высот неровностей показываем в шестой колонке табл. 3.4.4.2.





Таким же образом вычисляем высоты неровностей при длинах волн, равных 1 м, 1,5 м, 2 м, 2,5 м, 3 м, 3,5 м, 4 м и т.д., до длины последней волны, равной 14 метрам.

Например, при длине волны  $\ell_j = 4,5\text{ м}$  для вершины неровности, находящейся в 10 точке (см. табл. 3.4.4.2), по формуле (3.4.15) определяем номер точки, в которой начинается данная неровность:

$$N_{HT} = N_{CT} - \frac{\ell_j}{2 \cdot d_{\min}} = 10 - \frac{4,5}{2 \cdot 0,25} = 1 \text{ точка}.$$

По формуле (3.4.16) определяем номер точки, в которой заканчивается данная неровность:

$$N_{KT} = N_{CT} + \frac{\ell_j}{2 \cdot d_{\min}} = 10 + \frac{4,5}{2 \cdot 0,25} = 19 \text{ точка}.$$

Выписываем из табл. 3.4.4.2 отметки 1, 10 и 19 точек :

$$y_{T(1)} = H_{T(1)} = 8490 \text{ мм}; \quad y_{T(10)} = H_{T(10)} = 8490 \text{ мм}; \quad y_{T(19)} = H_{T(19)} = 8491 \text{ мм}.$$

Тогда по формуле (3.4.13) находим высоту неровности в точке 10:

$$\Delta y_{T(10)} = y_{T(10)} - \left( \frac{y_{\text{пр}(1)} + y_{\text{пос}(19)}}{2} \right) = 8490 - \left( \frac{8490 + 8491}{2} \right) = -0,5 \text{ мм}.$$

Для всех длин (групп) волн устанавливаем средние по модулю значения высот неровностей (предпоследняя строка в табл.3.4.4.2) и фактическое число волн, исключая волны, высоты которых равны нулю, если волны с нулевой высотой присутствуют (последняя строка в табл. 3.4.4.2).

Эти результаты используем при оценке ровности покрытия по риску поломки ходовых частей автомобиля.

2. Вычисление весов волн и средневзвешенной длины неровностей.

Для расчёта средневзвешенной длины неровностей определяем:

✓ критическую высоту неровностей  $h_{KP(m_j)}$  для минимальных длин волн (при  $j = 1$ ) по формуле (3.4.38):

$$h_{KP(m_1)} = 1620 \cdot g \cdot \left( \frac{K_{Ж} \cdot \ell_1}{V_P} \right)^2 = 1620 \cdot 9,81 \cdot \left( \frac{2,4 \cdot 0,5}{120} \right)^2 = 1,59 \text{ мм};$$

✓ среднюю по абсолютной величине высоту волн самой представительной группы  $\Delta y_{CP(m_j)}$  (при  $j = 1$ ) по формуле (3.4.39):

$$\Delta y_{CP(m_1)} = \frac{\sum_1^m |\Delta y_{\phi_i}|}{m_1} = \frac{48,5}{41} = 1,18 \text{ мм}.$$

Этот результат расчёта показан в третьей графе предпоследней строки табл.3.4.4.2:

✓ постоянный для всех весов безразмерный коэффициент  $K_p$  по формуле (3.4.37):

$$K_p = \frac{h_{KP(m_1)}}{\Delta y_{CP(m_1)}} = \frac{1,59}{1,18} = 1,34746;$$

✓ средние по абсолютной величине высоты  $\Delta y_{CP(m_j)}$  для волн  $j$ -й длины (при  $j=1$ ) по формуле (3.4.41). Результаты расчёта по формуле (3.4.41) показываем в предпоследней строке табл.3.4.4.3 (см. колонки с 4 по 9);

✓ критическую высоту неровностей на волнах  $j$ -й длины (при  $j=1$ ) по формуле (3.4.42): Например, при  $\ell_j = 4,5$  м получаем:

$$h_{KP(m_j)} = 1620 \cdot g \cdot \left( \frac{K_{ж} \cdot \ell_j}{V_p} \right)^2 = 1620 \cdot 9,81 \cdot \left( \frac{2,4 \cdot 4,5}{120} \right)^2 = 128,73 \text{ мм}.$$

Результаты расчёта показываем в табл. 3.4.4.3;

✓ вес волн  $j$ -й группы ( $j$ -й длины) по выражению (3.4.40).

При этом, как уже отмечалось, для волны длиной 1 метр вес волны всегда равен единице (при шаге нивелирования 0,5 м):

$$P_1 = \frac{m_1}{m_1} \cdot \frac{\Delta y_{CP(m_1)}}{h_{KP(m_1)}} \cdot K_p = \frac{41}{41} \cdot \frac{1,183}{1,589} \cdot 1,34746 = 1.$$

Для других длин волн, например, для волны  $\ell_j = 4,5$  м получаем:

- по формуле (3.4.10)  $\ell_9 = 9 \cdot \ell_{\min} = 9 \cdot 0,5 = 4,50$  м ;

- по формуле (3.4.11)  $m_9 = m_8 - 2 = 41 - 2 = 39$  волн ;

- по формуле (3.4.40)  $P_j = \frac{m_j}{m_1} \cdot \frac{\Delta y_{CP(m_j)}}{h_{KP(m_j)}} \cdot K_p = \frac{39}{41} \cdot \frac{6,00}{128,73} \cdot 1,34746 = 0,060.$

Результаты вычислений по зависимости (3.4.40) весов волн показаны в табл. 3.4.4.4.

Перед определением средневзвешенной длины волн неровностей устанавливаем значения числителя и знаменателя формулы (3.4.36):

Числитель расчётной формулы:

$$\begin{aligned} \sum_1^k P_j \ell_j &= 1 \cdot 0,5 + 0,486 \cdot 1 + 0,284 \cdot 1,5 + 0,194 \cdot 2 + 0,132 \cdot 2,5 + 0,099 \cdot 3 + \\ &+ 0,084 \cdot 3,5 + 0,073 \cdot 4 + 0,060 \cdot 4,5 + 0,052 \cdot 5 + 0,042 \cdot 5,5 + 0,034 \cdot 6 + \\ &+ 0,027 \cdot 6,5 + 0,022 \cdot 7 + 0,018 \cdot 7,5 + 0,015 \cdot 8 + 0,013 \cdot 8,5 + 0,010 \cdot 9 + \\ &+ 0,008 \cdot 9,5 + 0,006 \cdot 10 + 0,0047 \cdot 10,5 + 0,0038 \cdot 11 + 0,030 \cdot 11,5 + \\ &+ 0,025 \cdot 12 + 0,00198 \cdot 12,5 + 0,0012 \cdot 13 + 0,00095 \cdot 13,5 + \\ &+ 0,00030 \cdot 14 = 5,6925. \end{aligned}$$

Т а б л и ц а 3.4.4.3

Значения критических неровностей  
зависимости от длины волны

Длина волны, м	Параметр, мм $h_{KP(m)}$
0,5	1,589
1	6,36
1,5	14,30
2	25,43
2,5	39,73
3	57,21
3,5	77,87
4	101,71
4,5	128,73
5	158,92
5,5	192,30
6	228,85
6,5	268,58
7	311,49
7,5	357,57
8	406,84
8,5	459,28
9	514,91
9,5	573,71
10	635,69
10,5	700,85
11	769,18
11,5	840,70
12	915,39
12,5	993,26
13	1074,31
13,5	1158,54
14	1245,95

Т а б л и ц а 3.4.4.4

Результаты вычисления весов волн по выражению (3.4.40)  
в зависимости от длины волны

Длина волны, м	Параметр $P_j h_{KP(m_j)}$ , мм
0,5	1,00
1	0,486
1,5	0,284
2	0,194
2,5	0,132
3	0,099
3,5	0,084
4	0,073
4,5	0,060
5	0,052
5,5	0,042
6	0,034
6,5	0,027
7	0,022
7,5	0,018
8	0,015
8,5	0,013
9	0,010
9,5	0,008
10	0,006
10,5	0,0047
11	0,0038
11,5	0,0030
12	0,0025
12,5	0,00198
13	0,0012
13,5	0,00095
14	0,00030

Знаменатель формулы:

$$\sum_1^k P_j = 1 + 0,486 + 0,284 + 0,194 + 0,132 + 0,099 + 0,084 + 0,073 + 0,060 + 0,052 + 0,042 + 0,034 + 0,027 + 0,022 + 0,018 + 0,015 + 0,013 + 0,010 + 0,008 + 0,006 + 0,0047 + 0,0038 + 0,0030 + 0,0025 + 0,00198 + 0,0012 + 0,00095 + 0,00030 = 2,7269.$$

Тогда средневзвешенная длина неровностей по формуле (3.4.36) составит:

$$l_{CB} = \frac{P_1 \cdot l_1 + P_2 \cdot l_2 + \dots + P_K \cdot l_K}{P_1 + P_2 + \dots + P_K} = \frac{\sum_1^k P_j \cdot l_j}{\sum_1^k P_j} = \frac{5,6925}{2,7269} = 2,088 \approx 2,09 \text{ м.}$$

Длина волны 2,09 метра является характерной для данного участка дороги. Другими словами, автомобили и водители при движении по данному покрытию при скорости  $V=120$  км/ч испытывают такие же колебания и вибрации, какие действовали бы на них при постоянной длине неровностей, равной 2,09 метра.

3. Оценка риска поломки ходовых частей автомобиля при его движении с расчётной скоростью по микропрофилю обследованного покрытия.

Используя данные табл. 3.4.4.2, устанавливаем среднее по модулю значение высот неровностей ( $h_{CP}$ ) и среднеквадратическое отклонение ( $\sigma_h$ ) измеренных высот.

Т а б л и ц а 3.4.4.5

Статистическая обработка натуральных данных для определения параметров  $h_{CP}$  и  $\sigma_h$

Разряды высот неровностей, мм	Середина разряда $U_m$ , мм	Абсолютная частота $h_m$ , шт	Частичная сумма $S_m$	Накопленная частота, $T$	Середина условного интервала $l_m$	Произведения		
						$l_m \cdot h_m$	$(l_m)^2$	$(l_m)^2 \cdot h_m$
1	2	3	4	5	6	7	8	9
0 – 2	1,00	262	262	262	-4	- 1048	16	4192
2 – 4	3,00	142	404	666	-3	- 426	9	1278
4 – 6	5,00	135	539	1205	-2	- 270	4	540
6 – 8	7,00	80	619	1824	-1	- 80	1	80
8 – 10	9,00=X	46	665	2489	0	0	0	0
10 – 12	11,00	44	709	3198	1	44	1	44
12 – 14	13,00	40	749	3947	2	80	4	160
14 – 16	15,00	25	774	4721	3	75	9	225
16 – 18	17,00	9	783	5504	4	36	16	144
18 – 20	19,00=u	1	784	6288	5	5	25	25
		$n=784$	$M=6288$	$\sum T=30104$		$B=-1584$		$A=6688$

Применяя к табл. 3.4.4.5 мультипликативный метод, получаем:

$$h_{CP} = X_a + \frac{d}{n} \cdot B = 9 + \frac{2}{784} \cdot (-1584) = 4,96 \text{ мм};$$

$$\sigma_h = \sqrt{\frac{d^2}{n-1} \cdot \left( A - \frac{B^2}{n} \right)} = \sqrt{\frac{2^2}{784-1} \cdot \left( 6688 - \frac{(-1584)^2}{784} \right)} = 4,22 \text{ мм}.$$



По методу суммирования находим

$$h_{CP} = U_K - d \cdot \left( \frac{M}{n} - 1 \right) = 19 - 2 \cdot \left( \frac{6288}{784} - 1 \right) = 4,96 \text{ мм};$$

$$\sigma_h = \sqrt{\frac{d^2}{n-1} \cdot \left( 2 \cdot \sum T - M - \frac{M^2}{n} \right)} =$$

$$= \sqrt{\frac{2^2}{784-1} \cdot \left( 2 \cdot 30104 - 6288 - \frac{6288^2}{784} \right)} = 4,22 \text{ мм}.$$

Расчёт этих же параметров непосредственно по формулам (3.4.27) и (3.4.29) приводит практически к таким же результатам:  $h_{CP} = 4,95$  мм и  $\sigma_h = 4,21$  мм.

По формуле (3.4.2) определяем критическую высоту неровностей при  $\ell_{CB} = 2,09$  м и  $V_p = 120$  км/ч:

$$h_{kp} = 1620 \cdot g \cdot \left( \frac{K_{ж} \cdot \ell_{CB}}{V_p} \right)^2 = 1620 \cdot 9,81 \cdot \left( \frac{2,4 \cdot 2,09}{120} \right)^2 = 27,8 \text{ мм}.$$

Применяя формулу (3.4.3), устанавливаем модальное значение высоты неровности на исследуемом участке покрытия дороги:

$$h_0 = 10^{\lg h_{CP} - \lg^2 \sigma_h} = 10^{\lg 4,96 - \lg^2 4,22} = 2,0 \text{ мм}.$$

По формулам (3.4.4) и (3.4.5) находим параметры

$$m_{kp} = 10^{\lg (h_{kp})/5} = 10^{\lg (27,8)/5} = 1,9445;$$

$$m_0 = 1 + \lg^2 \sigma_h = 1 + \lg^2 4,22 = 1,3910.$$

Риск поломки ходовых частей автомобиля при расчётной скорости движения определяем по формуле (3.4.1):

$$r = 0,5 - \Phi \left( \frac{\lg \frac{h_{KP}}{h_0}}{\sqrt{\lg^2 m_{KP} + \lg^2 m_0}} \right) = 0,5 - \Phi \left( \frac{\lg \frac{27,8}{2,0}}{\sqrt{\lg^2 1,9445 + \lg^2 1,3910}} \right) =$$

$$= 0,5 - \Phi(3,55) = 0,5 - 0,4998068 \approx 2 \cdot 10^{-4} = 2/10000.$$

**В ы в о д .** Движение с расчётной скоростью  $V=120$  км/ч по обследованному покрытию будет приводить к возникновению 2 ДТП из каждых 10000 автомобилей (движущихся с расчётной скоростью) по причине неровного покрытия. Данный риск превышает допустимое значение риска  $1 \cdot 10^{-4}$ , и поэтому покрытие дороги по ровности не отвечает требованиям технического регламента. В соответствии с положениями Федерального закона №184 «О техническом регулировании» строительная организация должна провести работы по выравниванию покрытия из собственных средств и выплатить заказчику штрафные санкции, обоснованные комиссией, принимающей дорогу в эксплуатацию.

## Заключение

На основе проведенных авторами исследований можно сделать следующие **выводы**:

Действующий на территории Российской Федерации Федеральный закон «О техническом регулировании» способствовал созданию системы технического регулирования, которая реализована в ряде отраслей народного хозяйства с различной глубиной проработки технических регламентов, национальных стандартов, сводов правил и стандартов организаций.

2. Далеко не все созданные технические регламенты в Российской Федерации содержат требования к различным видам безопасности отраслевой продукции. Под требованиями к безопасности продукции понимают такое состояние производимой продукции, при достижении которого отсутствуют: недопустимый риск причинения вреда жизни или здоровью граждан; неприемлемый риск порчи или утраты имущества любой формы собственности; недопустимый по концентрации вредного вещества риск причинения вреда окружающей среде, жизни или здоровью животных или растений. Обоснование в техническом регламенте допустимых значений риска означает наличие в нём требований к минимально допустимому уровню безопасности. Такие технические регламенты предъявляют к продукции обязательные требования по её безопасности и содержат схемы и процедуры проверки соответствия вновь создаваемой продукции требованиям технического регламента, основанные на оценках риска и на управлении риском. Только при наличии таких технических регламентов возможен в Российской Федерации прогресс в области создания наукоёмкой и конкурентоспособной продукции за переходный период до полного открытия рынков странам-членам ВТО. Этот период предусмотрен Правительством Российской Федерации для повышения эффективности, конкурентоспособности и безопасности отечественной продукции. Российская Федерация не должна упустить время, отведённое или оставшееся на повышение качества выпускаемой продукции, определяемого в первую очередь безопасностью её использования, основанного на оценках риска причинения вреда человеку, окружающей среде и имуществу любой формы собственности. Основные положения Федерального закона №184-ФЗ базируются на Соглашении о недопустимости технических барьеров в торговле ВТО, а также Директиве Европейского Союза (ЕС) «О процедуре предоставления информации в области технических регламентов и стандартов». Действовавшие в СССР и в Российской Федерации стандарты отвечали в основном развитию отраслей народного хозяйства и государства, обеспечению безопасности людей уделялось меньше внимания.

3. В настоящее время для применения на территории Российской Федерации утверждён ряд федеральных законов в виде обязательных

технических регламентов, в которых предусмотрены допустимые уровни риска выпускаемой на рынок продукции. К техническим регламентам, в которых установлены допустимые значения риска и которые применимы в области дорожной деятельности, относятся: «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений» [82]; технический регламент «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» [68]; «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» [69].

4. На сегодняшний день в области проектирования, строительства, эксплуатации, реконструкции, содержания автомобильных дорог в Российской Федерации не принят ни один технический регламент. Но принят и будет действовать с 2015 года межгосударственный технический регламент «О безопасности автомобильных дорог» Таможенного союза (Республика Казахстан, Республика Беларусь и Российская Федерация). Но и в техническом регламенте «О безопасности автомобильных дорог» Таможенного союза не были установлены обязательные (минимально необходимые) требования к безопасности автомобильных дорог и их элементов, основанные на оценках риска. Такие требования отсутствуют и в Федеральном законе «Об автомобильных дорогах и о дорожной деятельности в Российской Федерации ...» [15]. Нет этих требований и в документе, который в связи со своим названием [71] должен содержать рекомендации по использованию в дорожном хозяйстве оценок безопасности продукции дорожной отрасли на основе риска причинения вреда пользователям, окружающей среде и имуществу любой формы собственности. Упраздняя в технических регламентах процедуры оценки и снижения риска, сторонники такого подхода лишают пользователей возможности воспользоваться более качественными и менее опасными автомобильными дорогами и освобождают специалистов и руководителей отрасли от ответственности за проектирование, строительство и эксплуатацию опасных и быстро разрушающихся дорог (освобождают от ответственности перед потребителями). Только при наличии в технических регламентах процедур оценки и снижения риска причинения вреда пользователям, окружающей среде и имуществу любой формы собственности этот обязательный к применению документ будет работоспособен. Технический регламент – это **не декларация о намерениях**, это **регламентация допустимого риска, форм и схем соответствия и работы эксперта**. В таком техническом регламенте есть всем и всему место: эксперту, оценке риска, национальным стандартам, сводам правил, стандартам предприятий и инновациям.

5. Технические регламенты трёхуровневой системы технического регулирования будут реализовывать новый принцип развития общественных отношений, когда сравнивают между собой не вновь создаваемые решения (или инновационную продукцию) с типовыми решениями, изложенными в национальном стандарте отрасли (или в международном стандарте). **Срав-**

**нению подлежат риски**, полученные в результате создания разработчиком новой продукции (инновационного предложения), **с допустимыми рисками**, которые обоснованы в техническом регламенте. Полученный риск возникновения вреда человеку по причине несовершенства предлагаемой разработки должен быть меньше или равен допустимому значению, показанному в техническом регламенте, так как допустимый риск является приемлемым при существующих общественных ценностях для вновь создаваемой продукции. Данная величина допустимого риска должна быть определена на основе технико-экономического обоснования и должна представлять собой вероятность допустимого вреда человеку, окружающей среде и имуществу при создании новой продукции в той или иной отрасли (включая и все виды деятельности в области дорожного хозяйства). Главное условие реализации Закона о техническом регулировании – оценка соответствия новой продукции должна обязательно выполняться **на основе сравнения риска причинения вреда пользователям с допустимым риском**, который должен быть прописан в техническом регламенте. Такой подход описан в ГОСТ Р 51 898-2002 «Аспекты безопасности. Правила включения в стандарты». Этот нормативный документ посвящён выполнению в стандартах России и во всей трёхуровневой системе технического регулирования данного требования. **Эксперт проверяет оценку риска** и выдаёт положительное заключение, если расчёты риска, выполненные разработчиком новой продукции, отвечают формам и схемам соответствия технического регламента, а величина риска соответствует допустимому значению. В противном случае, когда любое ноу-хау, как бы оно ни было заманчиво, не подтверждено оценкой соответствия по прописанным в техническом регламенте формам и схемам, или риск превышает допустимое значение, **применяются решения национального стандарта и сводов правил (или международного стандарта для Таможенного союза и ЕврАзЭС)**. Но как только такое нововведение появится, проектировщик (или разработчик инновационного решения) по схемам и формам соответствия, прописанным в техническом регламенте, показывает величину риска причинения вреда пользователям, и в случае, если эта величина риска меньше допустимой в техническом регламенте, эксперт будет обязан подписать акт согласования для данного проекта. Таких проектов в области автомобильных дорог ожидается в первое время (как и во всех отраслях народного хозяйства) не более 10–20 % в год, а остальные будут соответствовать национальным стандартам и сводам правил, которые применяются на добровольной основе. При таком подходе к техническому регулированию предела совершенства нет, образно говоря, «пол» есть, но «потолка» для творческих решений не существует, а международные и национальные стандарты (и своды правил), меняющиеся через 5–10 и более лет, не являются преградой для

нововведений и исполняют роль нижнего предела совершенства, ниже которого опускаться нельзя.

6. Добровольность применения национальных стандартов и сводов правил не есть отказ от их применения, но только в том случае, когда технический регламент будет содержать формы и схемы соответствия, основанные на оценках риска. Именно наличие в новых решениях оценок риска и техническую грамотность этих оценок будут проверять эксперты, когда в создании продукции используются инновации. Поэтому не стоит бояться технического регулирования. Национальные стандарты и своды правил (для таможенного союза и ЕврАзЭС – международные стандарты) будут применять в разработках и производстве продукции, несмотря на их «добровольность», так как новые решения можно применять только тогда, когда разработчик даст оценку соответствия предлагаемой инновации с вычислением риска по формам и схемам технического регламента. А эксперт проверит и признает эту оценку соответствующей техническому регламенту и убедится, что установленная величина риска не превышает допустимый в техническом регламенте риск.

7. Безопасность сооружения тесно связана с прочностью и устойчивостью сооружения, требуемым сроком службы, уровнем надёжности и требуемой пропускной способностью. Технические регламенты на проектирование и эксплуатацию автомобильных дорог должны учитывать перечисленные факторы и содержать процедуры оценки прочности дорожных одежд и пропускных сооружений по риску причинения вреда человеку, окружающей среде и имуществу любой формы собственности. Совершенствование математических моделей по оценке: риска разрушения дорожной конструкции под влиянием однородности исходных материалов и качества строительства, риска нарушения сплошности монолитных слоёв покрытия при изгибе и риска пластических сдвигов в слоях из мало-связных материалов дорожной конструкции включает определение подынтегральной функции ( $u$ ) в зависимости от требуемого уровня надёжности дорожной одежды. В формулах автора, предназначенных для определения критических параметров [23, 34, 38, 41, 42, 44, 46, 47, 50, 63, 64, 65], значение подынтегральной функции ( $u$ ) с начала 1990-х годов и до настоящего времени устанавливали в виде  $u=5$ . Уровень надёжности и уровень риска (как вероятность безотказной работы и вероятность отказа) дополняют друг друга до единицы  $P_H = 1 - r$ . Поэтому подынтегральную функцию ( $u$ ) следует определять в зависимости от требуемого уровня надёжности  $\Phi(u) = P_H - 0,5$  или в зависимости от допустимого уровня риска  $\Phi(u) = 0,5 - r$ :

$P_H \dots$	0,9999	0,999	0,99	0,98	0,95	0,90	0,85	0,80	0,75
$r \dots$	$1 \cdot 10^{-4}$	$1 \cdot 10^{-3}$	$1 \cdot 10^{-2}$	$2 \cdot 10^{-2}$	0,05	0,10	0,15	0,20	0,25

$\Phi(u)$	0,4999	0,499	0,49	0,48	0,45	0,40	0,35	0,30	0,25
$u \dots$	3,720	3,095	2,328	2,050	1,647	1,283	1,034	0,844	0,675

При таком подходе реализуется прямая возможность по заданному уровню надёжности или допустимому риску причинения вреда установить соответствующую им подынтегральную функцию, а затем определить критическое значение исследуемого параметра с учётом заданного уровня надёжности по формулам [42]:

- для случая, когда коэффициент вариации искомого параметра  $C_V^A \neq 0,2$ :

$$A_{KP} = \frac{\sqrt{A_{TP}^2 + [u^2 \cdot (C_V^A)^2 - 1] \cdot (A_{TP}^2 - u^2 \cdot \sigma_{A_{TP}}^2)} - A_{TP}}{u^2 \cdot (C_V^A)^2 - 1};$$

- для случая, когда коэффициент вариации искомого параметра  $C_V^A = 0,2$ :

$$A_{KP} = \frac{A_{TP}^2 - u^2 \cdot \sigma_{A_{TP}}^2}{2A_{TP}},$$

где  $u$  – подынтегральная функция, принимаемая в зависимости от требуемого уровня надёжности исследуемого прочностного параметра.

Подстановка параметра  $A_{kp}$  в формулу (2.1.9) позволяет оценить риск причинения вреда параметром  $A$  и его однородностью ( $\sigma_A$ ) при заданном уровне требуемой надёжности сооружения. Однако применение уточнённого подхода привело к изменению коэффициентов  $\gamma$  (учитывающих влияние влажности грунта на коэффициенты вариации прочностных параметров), установленных д.т.н. Кокодовой Н.Е. совместно с автором [22]. Поэтому коэффициенты  $\gamma$  были уточнены по формуле автора, учитывающей изменение общего модуля упругости во времени и требуемый уровень надёжности дорожной одежды:

$$\gamma = \frac{C_V^E}{\left( \frac{C_V^E \cdot t \cdot E_{ЭК}}{E_{ЭК} - E_{ЭК(t)}} - t \right)}.$$

Если для дорожной конструкции определён допустимый риск разрушения (или потери устойчивости) сооружения, то, следовательно, определён и допустимый уровень надёжности, так как уровень надёжности и риск разрушения связаны между собой соотношением  $p = 1 - r$  как вероятности, дополняющие друг друга до единицы. Эти математические модели как модели теории транспортных потоков с оценкой риска взаимодействия транспортных средств при любом уровне обслуживания

(уровне удобства движения), созданные автором, должны применяться в схемах технического регулирования. Если не обеспечен, например, требуемый уровень безопасности по риску наезда сзади на впереди идущий автомобиль при уровне обслуживания Г, то не обеспечена и требуемая пропускная способность дороги. Снизить эти риски до допустимых значений и тем самым увеличить пропускную способность дороги можно увеличением числа полос движения или переводом части транспортного потока на альтернативные дороги или улицы. Как видно, и пропускную способность можно увеличить исходя из снижения фактического риска до допустимого значения. А определяя по математическим моделям транспортного потока величину пропускной способности дороги, можно установить, как вырос этот показатель в результате снижении риска наезда сзади на впереди идущий автомобиль.

8. Стандарты организаций (предприятий) со временем будут основаны на своих разработках (например на приобретённых ими «ноу-хау»), обоснованием применения которых станет величина допустимого риска, установленная расчётом по формам и схемам соответствия технического регламента, а не путём предъявления конструкций и технических новинок вышестоящим органам управления. И это один из основных элементов борьбы с коррупцией в стране. Ни у кого не будет доступа к технологиям, конструктивным решениям и конкурентоспособным разработкам передовых организаций любой формы собственности. Организации, не способные к совершенствованию и развитию, будут вынуждены работать и выпускать продукцию по национальным стандартам. Вряд ли они будут выигрывать конкурсные торги (тендеры, лоты) на предмет своей деятельности (при проведении торгов независимыми экспертами по принятым в мировой практике правилам, а не сотрудниками департамента заказчика, подчиняющимися руководству департамента). Во всём мире независимые эксперты (крупные учёные технических специальностей и экономики, известные специалисты, не работающие в департаменте заказчика) обеспечивают победу в конкурсах тем организациям, которые смогли предъявить на торги самые оптимальные и современные предложения (решения). Побеждают предложения, основанные на действительных приоритетах, с балльной оценкой цены, финансовых и технических возможностей конкурсанта, имени главного специалиста, который будет руководить данным проектом – научными исследованиями, разработкой ТЭО, проектированием, строительством, эксплуатацией сооружения. Побеждать будет не тот, на кого укажет своим подчинённым тот или иной руководитель заказчика, и не тот конкурсант, который ничего не умеет делать, но предложил заказчику самую низкую цену за выполнение конкурсного задания. Торги будет выигрывать организация, не раз проявившая себя в решении крупных задач, обладающая нестандартными (не типовыми) решениями, способная развиваться и имеющая в своём

арсенале так называемые «ноу-хау», современную технику, оборудование и специалистов высокого уровня.

9. В технических регламентах должны быть соблюдены требования Федерального закона «О техническом регулировании» и, следовательно, включены: оценки риска причинения вреда людям, окружающей среде и имуществу любой формы собственности; формы и схемы соответствия, основанные на оценках риска, и информация о допустимом риске на продукцию данной отрасли.

В этом случае «добровольность» применения стандартов становится гарантией того, что продукция не будет опаснее, чем рекомендованная в стандарте (новая продукция будет проверяться по величине допустимого риска, а в случае отказа от новой продукции будут использоваться рекомендации стандарта).

Перечисленные выше разделы технического регламента не позволят применять опасную продукцию, например: осуществлять выпуск и продажу некачественного алкоголя или строить и эксплуатировать автомобильную дорогу с зауженной шириной покрытия, участков дорог с опасной потерей видимости поверхности дороги и встречного автомобиля. Незаконное появление такой продукции чревато неотвратимым привлечением к ответственности производителей, поставщиков, продавцов продукции и экспертов, которые пренебрегли основными показателями технического регламента и подвергли опасности потребителя, выпустив и пропустив некачественную продукцию на рынок. В Саратовском государственном техническом университете на кафедре «Транспортное строительство» с 1982 года ведется разработка математических и экономико-математических моделей оценки риска причинения вреда человеку, имуществу и окружающей среде в различных дорожных условиях с учетом скорости движения автомобилей. Под руководством профессора Столярова В.В. создан ряд моделей (методик) оценки риска. На основе этих моделей разработаны проекты трёх технических регламентов дорожного хозяйства. Данные документы имеют названия:

1. Технический регламент. Проектирование автомобильных дорог по величине допустимого риска причинения вреда пользователям, охране окружающей среды и имуществу любой формы собственности.

2. Технический регламент. Оценка качества строительства вновь построенных и реконструированных автомобильных дорог по величине допустимого риска причинения вреда пользователям (участникам движения).

3. Технический регламент. Оценка качества существующих автомобильных дорог по величине допустимого риска причинения вреда пользователям, охране окружающей среды и имуществу любой формы собственности.

Эти проекты могут сводиться в один технический регламент и охватывать вопросы контроля качества дорожно-строительных материалов,



оценку риска потери прочности и устойчивости сооружений, так как риск причинения вреда человеку увеличивается с появлением и развитием деформаций сооружения. А вопросы размещения объектов придорожного сервиса и организация дорожного движения с использованием оценок риска представлены в третьем из названных проектов. На наш взгляд, нужны волевые решения по тем отраслям экономики, в которых имеются:

- теоретико-вероятностные (математические) модели по оценке и управлению риском причинения вреда человеку, окружающей среде и имуществу любой формы собственности;

- формы и схемы соответствия безопасности отраслевой продукции, основанные на оценке риска причинения вреда пользователям и окружающей среде в процессе производства, строительства, реализации, использования и ликвидации продукции (то есть в процессе жизненного цикла сооружения);

- технико-экономическое обоснование допустимого (приемлемого) риска причинения вреда продукцией и деятельностью отрасли человеку, окружающей среде и имуществу любой формы собственности.

В отраслях экономики, не создавших такой базы, можно рекомендовать в кратчайшие сроки провести конкурсы физических и юридических лиц на представление в завершённом виде указанных разработок и создание технических регламентов, отвечающих всем требованиям Федерального закона №184-ФЗ «О техническом регулировании».

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Федеральный Закон № 184-ФЗ. О техническом регулировании. – Введ. 2002–27–12 [Текст]. – М.: Омега-Л, 2009. – 56с.
2. Министерство промышленности и торговли [Электронный ресурс]. – Портал Правительства Республики Татарстан, 2011. – Режим доступа: <http://mpt.tatar.ru/rus/basiswto>.
3. Всемирная торговая организация. [Электронный ресурс]. – М., 2011. Режим доступа: <http://www.wto.ru>.
4. Кловач, Е.В. Иллюзии, реалии и проблемы технического регулирования. [Текст] / Е.В. Кловач, В.К. Шалаев, Н.С. Сидорова, М.В. Старцев //Безопасность Труда в промышленности.. – 2006. – №6– С. 117-138.
5. Комментарий к Федеральному закону от 27.12.2002 N 184-ФЗ "О техническом регулировании" / Н.А. Агешкина – юрисконсульт ООО ПМП "Евро-пласт" (опыт применения настоящего закона в практической деятельности). – М., 2008.
6. Министерство транспорта Российской Федерации [Электронный ресурс]. – М., 2011. – Режим доступа: <http://www.mintrans.ru>.
7. Департамент государственной политики в области дорожного хозяйства [Электронный ресурс]. – М., 2011. – Режим доступа: [http://www.mintrans.ru/ministry/department.php?FOLDER\\_ID=137](http://www.mintrans.ru/ministry/department.php?FOLDER_ID=137).
8. Федеральное дорожное агентство Министерства транспорта Российской Федерации [Электронный ресурс]. – М., 2011. – Режим доступа: <http://rosavtdor.ru>.
9. Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии РОСРОССТАНДАРТ [Электронный ресурс]. – М., 2011. – Режим доступа: <http://www.gost.ru/wps/portal>.
10. Федеральный закон «О защите прав потребителей» (№ 2300-1 от 07.02.1992 с последующими изменениями) [Электронный ресурс]. – М., 2013. – Режим доступа: [www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_148878/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_148878/)
11. Федеральный закон «Об обеспечении единства измерений» (№ 102-ФЗ от 26.06.2008). [Электронный ресурс]. – М., 2013. – Режим доступа: [www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_155151/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_155151/)
12. Основы политики Российской Федерации в области развития науки и технологий на период до 2010 года и дальнейшую перспективу (Пр-576 от 30.03.2002г.). [Электронный ресурс]. – М., 2011. – Режим доступа: <http://mon.gov.ru/dok/ukaz/nti/4431/>.
13. Министерства образования науки Российской Федерации [Электронный ресурс]. – М., 2011. – Режим доступа: <http://mon.gov.ru>.
14. Транспортная стратегия Российской Федерации на период до 2030 года (№ 1734-п) [Электронный ресурс]. – М., 2011. Режим доступа: [http://rosavtdor.ru/information/Osnovnye\\_dokumenty/transportnaya\\_strategiya\\_rf\\_na\\_period\\_\\_do\\_2030\\_goda.html](http://rosavtdor.ru/information/Osnovnye_dokumenty/transportnaya_strategiya_rf_na_period__do_2030_goda.html).

15. Федеральный Закон № 257-ФЗ. Об автомобильных дорогах и о дорожной деятельности в Российской Федерации и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации [Текст]. – Введ. 2007–08–11. – М.: Омега-Л, 2008. – 72 с.
16. Постановление Правительства Российской Федерации №767. О классификации автомобильных дорог в Российской Федерации. – Введ. 2009–28–09. <http://www.government.ru/docs/7798/>.
17. Овчинников И.Г. Закон принят... Мнения и комментарии [Текст] / И.Г. Овчинников, О.Н. Распоров, В.В. Столяров // Дорожная держава. – 2008. – № 11. – С.11-15.
18. Распоров, О.Н. О роли государственного заказчика в деле обеспечения безопасности дорожного движения [Текст] / О.Н. Распоров, И.Г. Овчинников, В. В.Столяров // Дороги России XXI века. – 2007. – № 7. – С.98-100.
19. Столяров, В.В. Анализ транспортных проектов [Текст] / В.В. Столяров // Проблемы транспортного строительства и транспорта: матер. междунар. науч.-техн.конф.– Саратов,1997. – Вып.1. – С.4-7.
20. Столяров, В.В. Анализ риска реализации транспортных проектов по уровню окупаемости [Текст] / В.В. Столяров // Автомобильные дороги. – 1995. – №1-2– С. 27-31.
21. Столяров, В. В. Введение в теорию риска [Текст] / В.В. Столяров // Повышение эффективности эксплуатации транспорта: межвуз. науч. сб. – Саратов: СГТУ, 2003. – С. 118-139.
22. Столяров, В.В. Влияние влажности на прочностные характеристики дорожной одежды с позиции теории риска [Текст] / В.В. Столяров, Н.Е. Кокодеева // Эксплуатация современного транспорта: межвуз. науч. сб. / СГТУ. – Саратов, 1997. – С. 150-154.
23. Столяров, В.В. Вычисление вероятностей при логарифмически нормальном распределении [Текст] / В.В. Столяров// Проблемы транспорта и транспортного строительства: межвуз. науч. сб. – Саратов: СГТУ, 2004. – С. 25-39
24. Столяров, В.В. Дорожные условия и организация движения с использованием теории риска [Текст] / В.В. Столяров. – Саратов: СГТУ, 1999. – 168 с.
25. Столяров, В.В. Использование ЭВМ при прогнозировании числа дорожно-транспортных происшествий [Текст] / В.В. Столяров, А.Л. Писной // Проблемы транспорта и транспортного строительства: межвуз. науч. сб. – Саратов: СГТУ, 2004. – С. 87-91.
26. Столяров, В.В. К оценке применимости засоленных грунтов в дорожном строительстве [Текст] / В.В. Столяров// Актуальные проблемы транспорта Поволжья и пути их решения: межвуз. науч. сб. – Саратов, 2001. – С.333-337.
27. Столяров, В.В. Классификация риска в судебно-технической экспертизе дорожно-транспортных происшествий [Текст] / В.В. Столяров//

Актуальные проблемы эксплуатации транспорта: межвуз. науч. сб. – Саратов, 1998. – С.117-121

28. Столяров, В.В. Методика определения потерь от дорожно-транспортных происшествий на участках с разметкой запрещения обгона [Текст] / В.В.Столяров, Л.В. Панкратова// Проблемы качества и эксплуатации автотранспортных средств: материалы IV междунар. науч.-техн. конф., (Пенза, 10-12 мая 2006 г.). – Пенза: ПГУАС., 2006. – Ч. 2. – С.347-351.

29. Столяров, В.В. Методическое обеспечение проектирования дорожных одежд нежесткого типа с применением геоматериалов с учетом принципов технического регулирования (на основе теории риска) [Текст] / В.В. Столяров, Н.Е. Кокодеева // Строительство и реконструкция. Известия Орел ГТУ. – 2010. – №4/30 (5966).

30. Столяров, В.В. О применении теории риска в судебно-технической экспертизе дорожно-транспортных происшествий [Текст] / В.В.Столяров// Актуальные проблемы эксплуатации транспорта: межвуз. науч. сб. – Саратов, 1998. – С.112-115.

31. Столяров, В.В. О проблемах развития транспортной инфраструктуры Приволжского федерального округа [Текст] / В.В.Столяров, В.В. Волжнов// Проблемы транспорта и транспортного строительства: сб. науч. тр. – Саратов: СГТУ, 2008. – С. 21-25.

32. Столяров В.В. Об экспертизе транспортных проектов в трёхуровневой системе технического регулирования /В.В. Столяров //Проблемы транспорта и транспортного строительства: сб. науч. тр. / СГТУ им. Ю.А. Гагарина. – Саратов, 2012. – С.5–10.

33. Столяров, В.В. Определение скорости глиссирования автомобиля на мокром покрытии [Текст] / В.В. Столяров, Т.В. Осипова // Эксплуатация современного транспорта: межвуз. науч. сб. – 1997. – С. 155-157.

34. Столяров, В.В. Определение средних значений и средних квадратических отклонений в законах распределения критических величин [Текст] / В.В. Столяров // Проблемы транспорта и транспортного строительства: сб. науч. тр. – Саратов: СГТУ, 2006. – Ч. 1. – С.5-22.

35. Столяров, В.В. О работе экспертов после реформирования нормативной базы в трёхуровневую систему технического регулирования в соответствии с Федеральным законом №184-ФЗ «О техническом регулировании» / В.В. Столяров // сб. тр. Междунар. конф. «Новые дороги России». – Пенза, 2011. – С. 584-592.

36. Столяров, В.В. О системе технического регулирования / В.В. Столяров, Н.Е. Кокодеева // Техническое регулирование в транспортном строительстве: Электронный журнал №1 – Саратов, 2013. – <http://trts.esral.ru>.

37. Столяров, В.В. Основные понятия и расчетные формулы для оценки тормозных свойств автомобиля, оборудованного АБС [Текст] / В.В. Столяров // Проблемы транспорта и транспортного строительства : сб. науч. тр. / СГТУ. – Саратов, 2008. – С. 4-21.

38. Столяров, В. В. Основные формулы теории риска, основанные на распределении Шарлье [Текст] / В. В. Столяров // Проблемы транспорта и транспортного строительства : сб. науч. тр. / СГТУ. – Саратов, 2005. – Ч. 1. – С. 12–18.

39. Столяров, В.В. О техническом регламенте Таможенного союза /В.В. Столяров // Мир дорог. – – 2012. – №61, май. – С. 18–19.

40. Столяров, В. В. Оценка загрязнения почвогрунтов хлоридами, применяемыми для борьбы с гололедом на автомобильных дорогах [Текст] / В. В. Столяров, А. Т. Глухов, Л. Б. Сайфуллина // Актуальные проблемы транспорта России: материалы Междунар. науч.-практ. конф. / Сарат. гос. техн. ун-т. – Саратов, 1999. – Вып 1. – С. 139 - 142.

41. Столяров, В.В. Оценка риска экологического загрязнения придорожной полосы [Текст] / В.В. Столяров, С.Н. Руднянский // Автомобильный транспорт и дорожная деятельность на рубеже 3-го тысячелетия: материалы Междунар. науч. конф. – Харьков: ХГАДТУ, 2000. С. 125-127.

42. Столяров, В.В. Оценка надёжности нежёстких дорожных одежд на основе законов распределения общих модулей упругости /В.В. Столяров, Е.Е. Зверкова, А.С. Фомина //Дороги и мосты.– М.: Росавтодор, 2000. – Вып. 29/1. – С. 153-173.

43. Столяров В.В. Применение теории риска при оценке экономической эффективности автомобильных дорог [Текст] / В.В. Столяров, А.Л. Писной // Повышение эффективности эксплуатации транспорта: межвуз. науч. сб. – Саратов: СГТУ, 2001. – С. 161-169.

44. Столяров, В.В. Пример сравнения риска возникновения нежелательного события при использовании нормального распределения наряду с распределением Шарлье [Текст] / В.В.Столяров// Проблемы транспорта и транспортного строительства : сб. науч. тр. / СГТУ. – Саратов, 2005. – Ч. 2. – С.15-27.

45. Столяров, В.В. Проблемы реализации Федерального Закона № 184-ФЗ "О техническом регулировании" в вопросах эксплуатации автомобильных дорог [Текст] / В. В. Столяров, А. М. Кияткин, М. И. Белозеров // Проблемы транспорта и транспортного строительства: сб. науч. тр. / СГТУ. – Саратов, 2006. – Ч. 1. – С.22-37

46. Столяров, В.В. Проектирование автомобильных дорог по условию обеспечения безопасности движения с использованием теории риска [Текст]: дис. ... д-ра техн. наук / В.В. Столяров. – М., 1995. – 337с.

47. Столяров, В.В. Проектирование автомобильных дорог с учетом теории риска [Текст]: моногр. / В.В. Столяров; Сарат. гос. техн. ун-т. – Саратов: СГТУ, 1994. – Ч.1 и 2.

48. Столяров, В.В. Процедура анализа и оценки тяжести ущерба при возникновении ДТП с гибелью, ранением участников движения, порчей или утратой имущества любой формы собственности /В.В. Столяров, С.А. Плетминцев // Девятая междунар. конф. «Организация и безопасность

дорожного движения в крупных городах». – СПб., сентябрь, 2010. – С. 519–523.

49. Столяров, В.В. Пути реализации Федерального закона “О техническом регулировании в области дорожного хозяйства [Текст] / В.В. Столяров // Транспорт Российской Федерации №5: Журнал о науке, экономике, практике. – СПб.: ПГУПС и РАТ, 2006. – С.78-81.

50. Столяров, В.В. Риск разрушения и срок службы конкретных конструкций дорожных одежд нежесткого типа [Текст] / В.В. Столяров // Обеспечение надежности дорожных конструкций и автомобильных дорог при их проектировании, строительстве и эксплуатации. – СПб.: Академия тыла, 1993. – С. 21-22.

51. Столяров, В.В.. К оценке качества строительства автомобильных дорог / В.В. Столяров, Н.Е. Кокодеева, С.А. Плетминцев // Наука: 21 век. – 2011. – № 1 (13). – С. 72–80.

52. Столяров, В.В. Соответствует ли дорожная отрасль современному уровню научно-технического развития [Текст] / В.В. Столяров, И.Г. Овчинников, О.Н. Распоров // Транспорт Российской Федерации. Журнал о науке, экономике, практике. – 2006. – № 4. – С. 17-19.

53. Столяров, В.В. Тенденции развития дорожного хозяйства Саратовской области [Текст] / В.В. Столяров // Фундаментальные и прикладные исследования саратовских ученых для процветания России и Саратовской губернии: материалы науч. конф., посвященной 275-летию Российской академии наук (Саратов, 23-25марта 1999 г.). – Саратов, 1999. – С.134-13

54. Столяров, В.В. Теория риска в проектировании плана дороги и организации движения: учеб. пособие [Текст] / В. В.Столяров. – Саратов: СГТУ, 1995. – 84 с.

55. Столяров, В.В. Технический регламент «Проектирование автомобильных дорог» (альтернативный проект) [Текст] / В.В. Столяров // Дороги. Инновации в строительстве. – 2010. – №2. – С. 19-26.

56. Столяров, В.В. Технический регламент «Проектирование автомобильных дорог» (альтернативный проект) [Текст] / В.В. Столяров // Дороги. Инновации в строительстве. – 2010. – №3. – С. 31-36.

57. Столяров, В.В. Технический регламент «Проектирование автомобильных дорог» (альтернативный проект) [Текст] / В.В. Столяров // Дороги. Инновации в строительстве. – 2010. – №4. – С. 13-17.

58. Столяров, В.В. Технический регламент «Проектирование автомобильных дорог» (альтернативный проект) [Текст] / В.В. Столяров // Дороги. Инновации в строительстве. – 2010. – №5. – С. 28-31.

59. Столяров, В.В. Технический регламент «Проектирование автомобильных дорог» (альтернативный проект) [Текст] / В.В. Столяров // Дороги. Инновации в строительстве. – 2011. – №6. – С. 24-27.

60. Столяров, В.В. Технический регламент «Проектирование автомобильных дорог» (альтернативный проект) [Текст] / В.В. Столяров // Дороги. Инновации в строительстве. – 2011. – №9. – С. 24-27.
61. Столяров, В.В. Несколько слов по поводу... /В.В. Столяров // Дороги. Инновации в строительстве. – 2010. –№1. – С. 12–13.
62. Столяров, В.В. Об альтернативном техническом регламенте на проектирование новых автомобильных дорог /В.В. Столяров, С.А. Плетминцев //Девятая междун. конф. Организация и безопасность дорожного движения в крупных городах. – СПб., 2010. С. 124–127.
63. Столяров, В.В. Формулы теории риска, основанные на логарифмически нормальном распределении [Текст] / В. В. Столяров // Проблемы транспорта и транспортного строительства: сб. науч. тр. / СГТУ. – Саратов, 2005. – Ч. 1. – С.4-12.
64. Столяров, В.В. Формулы теории риска, основанные на нормальном законе распределения [Текст] / В. В. Столяров // Проблемы транспорта и транспортного строительства: сб. науч. тр. / СГТУ. – Саратов, 2005. – Ч. 2. – С.3-14.
65. Столяров, В.В. Функция Лапласа и вычисление вероятностей при нормальном и биномиальном распределениях [Текст] / В.В. Столяров // Проблемы транспорта и транспортного строительства: межвуз. науч. сб. / СГТУ. – Саратов, 2004. – С.3-25.
66. Столяров, В.В. Экологический анализ транспортных проектов [Текст] /В.В. Столяров, А.Л. Писной //Актуальные проблемы эксплуатации транспорта: межвуз. науч. сб. – Саратов: СГТУ, 2000. – С. 114-120.
67. Федеральный Закон № 384-ФЗ. Технический регламент о безопасности зданий и сооружений [Текст]. – Введ. 2009–30–12. – М.: Инфра-М, 2010. – 40 с.
68. Федеральный закон № 116-ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» [Электронный ресурс]. – М., 2011. Режим доступа: <http://www.consultant.ru/online/base/?req=doc;base=LAW;n=102963>.
69. Федеральный закон от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» [Электронный ресурс]. – М. – Режим доступа: 2011.[http://www.gost.ru/wps/wcm/connect/97282a8041f008f0a277fa8b8869c50d/tex\\_reg\\_pojar.pdf?MOD=AJPERES](http://www.gost.ru/wps/wcm/connect/97282a8041f008f0a277fa8b8869c50d/tex_reg_pojar.pdf?MOD=AJPERES).
70. Данилов-Данильян, А.В. Законодательство о техническом регулировании. Комментарии [Текст] / А.В. Данилов-Данильян, В.Г. Петрасюк, Д.Ю. Петров, Н.П. Попов, А.В. Рубцов. – М.: Изд-во «Известия» Управления делами Президента Российской Федерации, 2005. – 84 с.
71. ОДМ 218.1.001-2010 Рекомендации по разработке и применению документов технического регулирования в сфере дорожного хозяйства [Текст] / РОСАВТОДОР. – М – 2010. – 18 с.
72. Постановление Правительства Российской Федерации от 10 ноября 2003 г. № 677 «Об общероссийских классификаторах технико-экономи-

ческой и социальной информации в социально-экономической области» [Текст].

73. Постановление Правительства Российской Федерации от 19 ноября 2008 года № 858 «О порядке разработки и утверждения сводов правил» [Текст].

74. ОДМ 218.1.002-2010. Рекомендации по организации и проведению работ по стандартизации в дорожном хозяйстве [Текст].

75. Элькин, Г. Применение современных стандартов стимулирует развитие производства [Электронный ресурс] – М., 2011. – Режим доступа: [www.bossmag.ru/view.php?id=4630](http://www.bossmag.ru/view.php?id=4630).

76. Основные принципы технического регулирования, реализация положений закона «О техническом регулировании» [Электронный ресурс] – М., 2011. – Режим доступа: <http://www.garant.ru/action/interview/214317/>.

77. Проектирование нежестких дорожных одежд (ОДН 218.046-01) [Текст] / Гос. служба дор. хоз. Министерства транспорта РФ. – М.: Транспорт, 2001. – 145 с.

78. Справочник дорожных терминов [Текст]. – М., 2005.

79. Руководство ИСО/МЭК 51:1999. Аспекты безопасности. Руководящие указания по включению их в стандарты [Текст].

80. ГОСТ Р 51898-2002. Аспекты безопасности. Правила включения в стандарты [Текст]. – М., 2002.

81. Кокодеева, Н.Е. Регулирование высокого уровня грунтовой воды в весенний период года [Текст] / Н.Е. Кокодеева // Проблемы транспорта и транспортного строительства: межвуз. науч. сб. / СГТУ. – Саратов, 2004. – С. 95-98.

82. Кокодеева, Н.Е. О законе распределения влажности грунта в теле земляного полотна [Текст] / Н.Е. Кокодеева // Проблемы транспорта и транспортного строительства: сб. науч. тр. / СГТУ. – Саратов, 2005. – Ч.1. – С. 37-43.

83. Кокодеева, Н.Е. Управление влажностью грунта земляного полотна в весенний период года с целью повышения срока службы дорожной одежды [Текст] / Н.Е. Кокодеева // Автомоб. дороги: информ. сб. / Информавтодор. – М., 2005. – Вып.3. – С. 1-10.

84. Кокодеева, Н.Е. О законе распределения шумовой характеристики от автотранспортных средств [Текст] / Н.Е. Кокодеева // Проблемы транспорта и транспортного строительства: сб. науч. тр. / СГТУ. – Саратов, 2006. – С. 80-87.

85. Кокодеева, Н.Е. Исследование шумовой характеристики от автотранспортных средств с позиции теории риска [Текст] / Н.Е. Кокодеева // Проблемы транспорта и транспортного строительства: сб. науч. тр. / СГТУ. – Саратов, 2007. – С. 76-79.

86. Кокодеева, Н.Е. О проблемах обеспечения экологической безопасности в дорожном хозяйстве [Текст] / Н.Е. Кокодеева // Проблемы



транспорта и транспортного строительства: сб. науч. тр. / СГТУ. – Саратов, 2008. – С. 25-29.

87. Кокодеева, Н.Е. Оценка качества существующих дорожных одежд нежесткого типа с учетом вариации влажности (с позиции теории риска) [Текст] / Н.Е. Кокодеева // Дорожная держава. – 2009. – №19. – С. 72-75.

88. Кокодеева, Н.Е. Оценка степени риска отрицательного шумового воздействия на человека от транспортного потока [Текст] / Н.Е. Кокодеева // Дороги и мосты. – 2010. – №23. – С. 241-252.

89. Кокодеева, Н.Е. Расчет нежестких дорожных одежд с применением геосетки (на основе теории риска) [Текст] / Н.Е. Кокодеева // Дороги. Инновации в строительстве. – 2011. – №7. – С. 17-21.

90. Кокодеева, Н.Е. Обеспечение безопасности автомобильных дорог с учетом теории риска [Текст] / Н. Е. Кокодеева // Строительные материалы. – 2009. – №11. – С. 80-81.

91. Кокодеева, Н.Е. Определение срока службы дорожной одежды и темпов ее разрушения с учетом изменения влажности грунта в расчетный период года (с позиции теории риска) [Текст] / Н.Е. Кокодеева // Строительство и реконструкция. Известия Орел ГТУ. – 2009. – №6/26 (574) (ноябрь-декабрь) – С. 86-90.

92. Кокодеева, Н.Е. Применение теоретико-вероятностного подхода при оценке отрицательного шумового воздействия дорожно-строительных машин на человека [Текст] / Н. Е. Кокодеева // Жилищное строительство. – 2010. – №9. – С 7-41.

93. Кокодеева, Н.Е. Оценка степени риска отрицательного шумового воздействия на человека при производстве дорожных работ [Текст] / Н.Е. Кокодеева // Жилищное строительство. – 2011. – №1. – С. 42-45.

94. Кокодеева, Н.Е. О толщине снятия плодородного слоя почвы при проведении подготовительных работ по строительству автомобильной дороги [Текст] / Н.Е. Кокодеева // Дороги и мосты. – 2010. – №24. – С. 248-265.

95. Кокодеева, Н.Е. Принципы технического регулирования при проектировании дорожных одежд нежесткого типа с применением геоматериалов (на основе теории риска) [Текст] / Н.Е. Кокодеева // Строительные материалы. – 2011. – №1. – С. 25-28.

96. Кочетков, А.В. Оценка степени риска [Текст] / А.В. Кочетков, Н.Е. Кокодеева, С.И. Возный, М.М. Бекмагамбетов // Дорожная держава. – 2010. – №23. – С. 90-91.

97. Кочетков, А.В. Оценка степени риска (продолжение) [Текст] / А.В. Кочетков, Н.Е. Кокодеева, С.И. Возный, М.М. Бекмагамбетов // Дорожная держава. – 2010. – №24. – С. 22-25.

98. Швыряев, А.А. Оценка риска воздействия загрязнения атмосферы в исследуемом регионе [Текст]: учеб. пособие для вузов / А.А. Швыряев, В.В. Меньшиков. – М.: Изд-во МГУ, 2004. – 124 с.

99. Бережной, В.И. Методика оценки комплексного риска автотранспортных предприятий [Текст] / В.И. Бережной, О.А. Алексеева, И.И. Горбатова // Вестник Северо-Кавказского государственного технического университета. – 2006. – № 4 (8).

100. Аверкиев, А.В. Оценка последствий аварий и управление аварийными ситуациями на объектах повышенной техногенной опасности. [Текст]: дис. / А.В. Аверкиев. – М.: РХТУ, 1998.

101. Сердюков, С.И. Оценка и управление рисками при обращении с композиционными материалами и их компонентами [Текст]: учеб. пособие для вузов / С.И. Сердюков, А.С. Макарова. – М.: Изд-во МГУ, 2010. – 58 с.

102. Козлитин, А.М. Научные аспекты управления экологическими рисками промышленного региона [Текст] / А.М. Козлитин, П.А. Козлитин // Экологические проблемы промышленных городов: сб. науч. трудов Всерос. науч.-практ. конф. – Саратов: СГТУ, 2003. – С. 74-79.

103. Семенов, В.А. Качество и однородность автомобильных дорог [Текст] / В. А. Семенов. – М.: Транспорт, 1989.-125с.

104. Апестин, В.К. Испытание и оценка прочности нежестких дорожных одежд. [Текст] / В.К. Апестин, А.М. Шак, Ю.М Яковлев. – М.: Транспорт, 1977. – 102 с.

105. Васильев, А.П. Принципы прогнозирования транспортно-эксплуатационного состояния дорог [Текст] / А.П. Васильев, Ю.М. Яковлев, М.С. Коганзон //Автомобильные дороги. – 1993. – №1. – С.8-10.

106. Матвиенко, П.Г. Комплексная количественная оценка качества проезжей части дорог в процессе их службы [Текст] / П.Г.Матвиенко, Л.Я. Несвитская // Тр. Всес. дор. НИИ. – 1978. – № 103. – С.64-66.

107. Васильев, А.П. Метод комплексной оценки качества и состояния автомобильных дорог [Текст] / А.П Васильев //Автомобильные дороги. – 1989. – №7,8.

108. Сиденко, В.М. Метод комплексной оценки качества дорог [Текст] / В.М. Сиденко // Планирование и проектирование автомобильных дорог: материалы VI Всесоюзного совещания по основным направлениям научно-технического прогресса в дорожном строительстве. – М., 1976. – Вып.1. – С.69-72.

109. Овчинников, И.Г. Особенности оценки состояния существующих автомобильных дорог [Текст] / И.Г. Овчинников, Н.С. Пантелиди, Б.Р. Ишанов // Автомобильные дороги. – 1995. – № 12. – С.11-13.

110. Сиденко, В.М. Оценка качества автомобильных дорог и элементов [Текст] / В.М. Сиденко, Л.Я. Несвитская, С.В. Сиденко // Автодорожник Украины. – 1979. – №1. – С.2-23.

111. Близнеченко, С.С. Упрощенная методика экспресс – оценки транспортно-эксплуатационного состояния сети автомобильных дорог [Текст] / С.С. Близнеченко // Изв. вузов. Строительство. – 1992. – №5-6. – С.126-130.

112. Brands F.W., Cook I.C. Impulse Index as a Measure of Pavement Condition // Transp. Res. Rec.-1976.-№602.-84-89.
113. Бешелев, С.Д. Математико-статистические методы экспертных оценок. [Текст] / С.Д.Бешелев, Ф.Г. Гурвич. – М.: Статистика, 1980. – 263 с.
114. Мепуришвили, Д.Г. Статистический контроль и регулирование качества при строительстве автомобильных дорог [Текст] / Д.Г. Мепуришвили, В.А. Семенов // Автомобильные дороги. Обзорная информация / ЦБНТИ Минавтодора РСФСР. – М., 1982. – 48 с.
115. Мепуришвили, Д.Г. Статистический приемочный контроль в дорожном строительстве [Текст] / Д.Г. Мепуришвили, В.А. Семенов // Автомобильные дороги. – 1982. – № 9. – С.20-21.
116. Методы оценки качества автомобильных дорог [Текст] / УктНИИ науч.-техн. информ.и техн.-экон. исследований Госплана УССР. – Киев, 1977. – 37 с.
117. ГОСТ Р 53778-2010. Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния. – М., 2010.
118. Бажанов, А.П. История транспортного строительства [Текст] / А.П. Бажанов. – Пенза: ПГУАС, 2010. – 245 с.
119. Сеницын, А.П. Расчет конструкции на основе теории риска. [Текст] / А.П. Сеницын.– М.: Стройиздат, 1985. – 304 с.
120. Ветошкин, А.Г. Надежность технических систем и техногенный риск. [Текст] / А.Г. Ветошкин.– Пенза: ПГУАС, 2003. – 154 с.
121. Плешаков, Д.В. Оценка оползневых рисков линейных транспортных сооружений [Текст]: дис. ... канд. техн. наук / Д.В. Плешаков – Волгоград, 2013. – 148с.
122. Аугусти, Г. Вероятностные методы в строительном проектировании [Текст] / Г. Аугусти, А. Баратта, Ф. Кашмати. – М.: Стройиздат, 1988. – 584 с.
123. Мушик, Э. Методы принятия технических решений. [Текст] / Э. Мушик, П. Мюллер. – М.: Мир, 1990. – 206 с.
124. Минина, Н.Н. Проблемы снижения акустического воздействия на жилую застройку при проектировании, строительстве и функционировании транспортных сооружений [Текст]: автореф. дис. ... канд. техн. наук / Н.Н. Минина – СПб – 2012. – 48 с.
125. Абчук, В.А. Теория риска в морской практике [Текст] / В.А. Абчук. – Л.: Судостроение, 1983. – 152 с.
126. Райзберг, Б.А. Предпринимательство и риск [Текст] / Б.А. Райзберг. – М.: Знание, 1992. – 64 с.
127. Фаликман, В.Р. О европейских и российских строительных нормах проектирования и проблемах их гармонизации [Электронный ресурс] / Вячеслав Фаликман. – Алматы: Snip Information Systems, 2010. – Электрон. текстовые дан. (1 файл DOC: 101 кб); 7с. – Режим доступа: <http://info.snip.kz/standards/downloads/publications.php>.

128. Рапопорт, П.Б. Проблемы мониторинга и управления риском в дорожном хозяйстве [Текст]: сб. науч. тр. / П.Б. Рапопорт, Н.В. Рапопорт, С.А. Шиндина, Н.Е. Кокодеева/ СГТУ. – Саратов, 2005. – Ч.1. – С. 44-49.

129. Методические рекомендации по применению геосеток и плоских георешёток для армирования асфальтобетонных слоёв усовершенствованных видов покрытий при капитальном ремонте и ремонте автомобильных дорог (ОДМ 218.5.001-2009) [Текст] / Федеральное дорожное агентство (Росавтодор). – М., 2010. – 85 с.

130. Григорий Элькин: применение современных стандартов стимулирует развитие производства [Электронный ресурс]. – М., 2011. – Режим доступа: <http://www.garant.ru/action/interview/214317/>.

131. Домке, Э.Р. Управление качеством дорог [Текст] / Э.Р. Домке, А.П. Бажанов, А.С. Ширшиков. – Ростов-н/Д: Феникс, 2006. – 254 с.

132. Бажанов А.П. Управление и контроль качества автомобильных дорог [Текст]: учеб. пособие / А.П. Бажанов. – Пенза: ПГУАС, 2014. – 277 с.

133. Скачков, Ю.П. Научно-методический подход к оценке технических и экологических рисков в процессе применения принципов технического регулирования к объектам дорожной деятельности [Текст]: моногр. / Ю.П. Скачков, В.В. Столяров, А.П. Бажанов, Н.Е. Кокодеева, А.В. Кочетков, С.П. Аржанухинна. – Пенза: ПГУАС, 2010. – 251 с.

134. Техническое регулирование [Текст]: учеб. / под ред. В.Г. Версана (пред.), Г.И. Элькина [и др.]. – М.: ЗАО «Издательство «Экономика», 2008. – 678с.

135. Вальтер, О.Ф. Применение теории риска при проектировании автомобильных дорог на участках с затяжными подъёмами [Текст]: автореф. дис. ... канд. техн. наук / О.Ф. Вальтер. – Волгоград, 2004. – 16 с.

136. Глухов, А.Т. Разработка эффективного метода защиты придорожной местности от загрязнения противогололёдными химическими веществами [Текст]: автореф. дис. ... канд. техн. наук / А.Т. Глухов. – Пенза, 2001. – 20 с.

137. Дмитриева, И.В. Организационно-технические и инженерные мероприятия для повышения безопасности дорожного движения на магистральных улицах города [Текст]: автореф. дис. ... канд. техн. наук / И.В. Дмитриева. – Волгоград, 2011. – 17 с.

138. Жилина, О.М. Повышение ровности покрытий автомобильных дорог по условию обеспечения комфорта, удобства и безопасности движения (с использованием теории риска) [Текст]: автореф. дис. ... канд. техн. наук / О.Н. Жилина. – Волгоград, 2003. – 21 с.

139. Кожин, Д.М. Проектирование вертикальных кривых и ширины покрытия городских дорог и улиц с использованием теории риска [Текст]: автореф. дис. ... канд. техн. наук / Д.М. Кожин. – Волгоград, 2001. – 20 с.

140. Кокодеева, Н.Е. Оценка качества существующих дорожных одежд нежесткого типа с учетом вариации влажности грунта земляного полотна

(с позиции теории риска) [Текст]: дис. ... канд. техн. наук. / Н.Е. Кокодева. – Волгоград, 2001. – 148 с.

141. Кокодева, Н.Е. Методологические основы комплексной оценки надёжности автомобильных дорог в системе технического регулирования дорожного хозяйства [Текст]: дис. ... д-ра техн. наук / Н.Е. Кокодева. – СПб., 2012. – 340 с.

142. Левашин, Е.Ю. Учёт вероятностной сущности времени распада битумных эмульсий при строительстве дорожных одежд нежесткого типа (на основе теории риска) [Текст]: автореф. дис. ... канд. техн. наук / Е.Ю. Левашин. – Волгоград, 2010. – 20 с.

143. Мохнев, В.А. Повышение безопасности движения в проектах ремонта и реконструкции автомобильных дорог (на основе теории риска) [Текст]: автореф. дис. ... канд. техн. наук / В.А. Мохнев. – Волгоград, 2001. – 16 с.

144. Осипова, Т.В. Проектирование автомобильных дорог по условию обеспечения безопасности движения автомобилей на участках возможного глиссирования (с использованием теории риска) [Текст]: автореф. дис. ... канд. техн. наук / Т.В. Осипова. – Волгоград, 2005. – 20 с.

145. Панкратова, А.В. Теория риска в совершенствовании методов оценки эффективности и обоснования длины участков, запрещающих обгон [Текст]: автореф. дис. ... канд. техн. наук / А.В. Панкратова. – Волгоград, 2006. – 16 с.

146. Плетминцев, С.А. Повышение безопасности движения при эксплуатации автомобильных дорог с позиции теории риска [Текст]: автореф. дис. ... канд. техн. наук / С.А. Плетминцев. – Волгоград, 2011. – 21 с.

147. Семёнова, Н.С. Проектирование и эксплуатация транспортных развязок по условию обеспечения безопасности движения на основе теории риска [Текст]: автореф. дис. ... канд. техн. наук / Н.С. Семёнова. – Волгоград, 2012. – 19 с.

148. Скрыльников, И.Г. Проектирование и эксплуатация земляного полотна автомобильных дорог в районах распространения многолетне-мёрзлых грунтов (с использованием теории риска) [Текст]: автореф. дис. ... канд. техн. наук / И.Г. Скрыльников. – Волгоград, 2012. – 21 с.

149. Строкин, А.А. Предупреждение деформаций при промерзании дорожных конструкций с позиции теории риска [Текст]: автореф. дис. ... канд. техн. наук / А.А. Строкин. – Волгоград, 2006. – 20 с.

150. Усова, Л.В. Повышение эффективности обоснования перспективной интенсивности движения и технической категории дороги с использованием теории риска [Текст]: автореф. дис. ... канд. техн. наук / Л.В. Усова. – Волгоград, 2006. – 16 с.

151. Шмагина, Э.Ю. Теория риска в повышении надёжности обоснования расчётных расходов при проектировании мостовых переходов [Текст]: автореф. дис. ... канд. техн. наук / Э.Ю. Шмагина. – Волгоград, 2007. – 20 с.

152. Щёголева, Н.В. Риск потери информации как обобщённая характеристика водителя при проектировании и эксплуатации автомобильных дорог [Текст]: автореф. дис. ... канд. техн. наук / Н.В. Щёголева. – Волгоград, 2006. – 24 с.

153. ГОСТ Р 1-2004. Стандартизация в Российской Федерации. Основные положения [Текст]: Изд. офиц. – Введён 01.07.2005. – М.: Изд-во стандартов, 2005. – 11 с.

154. ГОСТ Р 50 597-93. Автомобильные дороги и улицы. Требования к эксплуатационному состоянию, допустимому по условиям обеспечения безопасности дорожного движения [Текст]. – М.: 1993.

155. ГОСТ Р 51 897-2002. Менеджмент риска. Термины и определения [Текст]: Изд. офиц. – Введён 30.05.2002 – М.: Изд-во стандартов, 2002. – 10 с.

156. ГОСТ Р 51 901.13-2005. Менеджмент риска. Анализ дерева неисправностей [Текст]: Изд. офиц. – Введён 31.05.2005 – М.: Изд-во стандартов, 2005. – 16с.

157. Хенли, Э.Д. Надёжность технических систем и оценка риска [Текст] / Э.Д. Хенли, Х. Кумамото: пер. с англ. // Машиностроение. – 1984. – 528 с.

158. ГОСТ 17.5.1.01-83. Охрана природы. Рекультивация земель. Термины и определения [Текст]. – М.: 1984. – 27 с.

159. ГОСТ 17.5.3.06-85. Охрана природы. Земли. Требования к определению норм снятия плодородного слоя почвы при производстве земляных работ [Текст]. – М.: 1986. -3 5 с.

160. Рябинин, И.А. Надёжность и безопасность структурно-сложных систем [Текст] / И.А. Рябинин. – СПб.: Политехника, 2000. – 248 с.

161. Техническое регулирование [Текст]: учебник для вузов / ПОД ред. В.Г. Версана, Г.И. Элькина. – М.: Экономика, 2008 – 680 с.

162. Столяров, В.В. Новый подход к гамма распределению при обосновании расчетных расходов мостовых переходов [Текст] / В.В. Столяров, Э.Ю. Шмагина // Известия Орловского гос.техн.ун-та. – 2007. – №3/15 (537). – С.79-81.

163. ГОСТ Р 54257-2010. Надёжность строительных конструкций и оснований. Основные положения и требования [Текст]. – М.: ИПК «Изд-во стандартов», 2010. – 20с.

164. Alonso E.E. Risk analysis of slopes and its application to slopes in Canadian sensitive clays /E.E. Alonso //Geotechnique. – 1976. – № 26(3). P. 453–472.

165. Baecher G. B. Reliability and statistics in geotechnical engineering / G. B. Baecher and J. T. Christian. – John Wiley and Sons, Chichester. – New York, 2003.

166. Cornell C. A. A probability-based structural code / C. A. Cornell. – Journal of the American Concrete Institute. – 1969. – No 66 (12). – Pp. 974-985.

167. Ditlevson O. Structural reliability and the invariance problem /O. Ditlevson.. – Technical report 22. – Solid mechanics division. – University of Waterloo. – Canada, 1973.

168. Маций, С.И. Противооползневая защита и управление риском [Текст]: дис. ... д-ра техн. наук / С.И. Маций – Волгоград: ВолгГАСУ, 2010. – 380с.

169. Плешаков, Д.В. Диагностика оползневых участков автомобильных дорог на основе методики оптимального риска/ Д.В. Плешаков, С.И. Маций // Вестник Волг-ГАСУ. Сер.: Стр-во и архит. – 2008. – Вып.10(29). – С. 200–205.

170. Столяров, В.В. Теория риска в судебно-технической экспертизе дорожно-транспортных происшествий с участием пешеходов (+ABS) [Текст]: моногр. / В.В. Столяров. – Саратов: Сарат. гос. техн. ун-т, 2010. – 344 с.

171. Столяров, В.В. Экспертиза дорожно-транспортных происшествий на основе теории риска [Текст]: учеб. пособие /В.В. Столяров. – Саратов: СГТУ, 1996. – 176с.

172. ГОСТ Р 51 901.1-2002. Менеджмент риска. Управление надёжностью. Анализ риска технологических систем : Изд. офиц. – Введён 07.06.2002 – М.: Изд-во стандартов, 2002. – 22 с.

173. ГОСТ Р 51 901.2-2005. Менеджмент риска. Системы менеджмента надёжности [Текст]: Изд. офиц. – Введён 31.05.2005 – М.: Изд-во стандартов, 2005. – 18 с.

174. ГОСТ Р 51 901.3-2007. Менеджмент риска. Руководство по менеджменту надёжности [Текст]: Изд. офиц. – Введён 27.12.2007 – М.: Изд-во стандартов, 2007. – 46 с.

175. ГОСТ Р 51 901.4-2005 Менеджмент риска. Руководство по применению при проектировании [Текст]: Изд. офиц. – Введён 02.01.2006 – М.: Изд-во стандартов, 2006. – 22 с.

176. ГОСТ Р 51 901.5-2005 Менеджмент риска. Руководство по применению методов анализа надёжности [Текст]: Изд. офиц. – Введён 01.02.2006 – М.: Изд-во стандартов, 2006. – 46 с.

177. ГОСТ Р 51 901.10-2009. Менеджмент риска. Процедуры управления пожарным риском на предприятии [Текст]: Изд. офиц. – Введён 15.12.2009 – М.: Изд-во стандартов, 2009. – 24 с.

178. ГОСТ Р 51 901.11-2005 (Б). Исследование опасности и работоспособности. Прикладное руководство [Текст]: Изд. офиц. – Введён 30.09.2005 – М.: Изд-во стандартов, 2005. – 64 с.

179. ГОСТ Р 51 901.12-2007. Менеджмент риска. Метод анализа видов и последствий отказов [Текст]: Изд. офиц. – Введён 27.12.2007 – М.: Изд-во стандартов, 2007. – 36 с.

180. ГОСТ Р 51 901.14-2007. Менеджмент риска. Структурная схема надёжности и булевы методы [Текст]: Изд. офиц. – Введён 27.12.2007 – М.: Изд-во стандартов, 2007. – 25 с.

181. ГОСТ Р 51 901.15-2005. Менеджмент риска. Применение марковских методов [Текст]: Изд. офиц. – Введён 30.09.2005 – М.: Изд-во стандартов, 2005. – 25 с.

182. ГОСТ Р 51 901.16-2005. Менеджмент риска. Повышение надёжности. Статистические критерии и методы оценки [Текст]: Изд. офиц. – Введён 30.09.2005 – М.: Изд-во стандартов, 2005. – 26 с.

183. ГОСТ Р 54 008-2010 Оценка соответствия. Схемы декларирования соответствия [Текст]: Изд. офиц. – Введён 30.11.2010 – М.: Изд-во стандартов, 2010. – 31 с.

184. ГОСТ Р МЭК 61 160-2006. Менеджмент риска. Формальный анализ проекта [Текст]: Изд. офиц. – Введён 08.08.2006. – М.: Изд-во стандартов, 2006. – 24 с.



## ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	3
1. АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР ПРИМЕНЕНИЯ ПРИНЦИПОВ ТЕХНИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ В ДОРОЖНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ .....	5
1.1. Состояние и перспективы развития системы технического регулирования в Российской Федерации.....	5
1.2. Анализ основных понятий, положений и принципов технического регулирования Федерального закона № 184-ФЗ «О техническом регулировании» .....	12
1.3. Анализ законодательных и нормативно-технических документов в области технического регулирования дорожной деятельностью .....	26
1.4. Определение направлений и методов совершенствования научных основ применения принципов технического регулирования для объектов дорожной деятельности .....	49
1.5. О работе экспертов после реформирования нормативной базы в трёхуровневую систему технического регулирования .....	62
2. СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ ПРИНЦИПОВ ТЕХНИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ ДЛЯ ОБЪЕКТОВ ДОРОЖНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ НА ОСНОВЕ ОЦЕНКИ И РАСЧЕТА ТЕХНИЧЕСКОГО И ЭКОЛОГИЧЕСКОГО РИСКОВ... 73	
2.1. Обоснование цели и выбор задач исследования с учетом фундаментальных подходов к анализу проблемы применения технического регулирования в области дорожной деятельности ..	73
2.2. Методологические основы теоретико-вероятностного подхода Столярова В.В. по оценке технических и экологических рисков в дорожной деятельности .....	93
2.3. Разработка методов классификации автомобильных дорог по степени ответственности с учетом действующего законодательства Российской Федерации .....	97
2.4. Разработка методов оценки комплексных показателей технических и экологических рисков .....	99
3. СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДОВ ТЕОРЕТИКО-ВЕРОЯТНОСТНОГО ПОДХОДА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО И ТЕХНИЧЕСКОГО РИСКОВ В ДОРОЖНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ .....	103
3.1. Методика оценки риска деградации плодородного слоя почвы в зависимости от толщины снимаемого слоя на полосе отвода при строительстве автомобильных дорог .....	103

3.1.1. Исследование характеристик толщины снятия плодородного слоя почв при проведении подготовительных работ по строительству и реконструкции автомобильной дороги...	103
3.1.2. Риск деградации плодородного слоя почвы в зависимости от толщины снимаемого слоя на полосе отвода при строительстве автомобильных дорог .....	109
3.1.3. Применение теоретико-вероятностного подхода при оценке отрицательного шумового воздействия на человека от работы дорожно-строительной машины.....	119
3.1.4. Оценка степени риска отрицательного шумового воздействия на человека при производстве дорожных работ (с изменениями и дополнениями автора).....	124
3.2. Методика оценки шумового воздействия от транспортного потока при эксплуатации автомобильной дороги (с изменениями и дополнениями автора) .....	131
3.2.1. Исследование шумовых характеристик от транспортного потока с позиции теории риска .....	131
3.2.2. Методика оценки риска отрицательного шумового воздействия на человека от транспортного потока (с изменениями и дополнениями автора).....	137
3.3. Методика оценки вероятности деградации природных ресурсов в результате техногенного загрязнения окружающей среды выхлопными газами транспортного потока (модель разработана автором).....	148
3.4. Методика оценки риска поломки ходовых частей автомобиля по причине несовершенства параметров ровности покрытия.....	156
3.4.1. Понятие о детальном и рекогносцировочных методах обследования ровности покрытия.....	158
3.4.1.1. Приборы и методы рекогносцировочного обследования ровности покрытий .....	159
3.4.1.2 Приборы и методы детального обследования ровности покрытий.....	160
3.4.2. Оценка контроля пикетажного и высотного положения вершины вертикальной кривой, запроектированной по параболе второй степени .....	168
3.4.3. Статистическая обработка результатов измерений .....	169
3.4.4. Оценка риска поломки ходовых частей автомобиля на исследуемом участке дороги (Пример расчёта) .....	175
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	186
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК .....	194

Для заметок

Научное издание

Столяров Виктор Васильевич  
Бажанов Анатолий Павлович

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДОВ ПРИМЕНЕНИЯ  
ПРИНЦИПОВ ТЕХНИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ  
К ОБЪЕКТАМ ДОРОЖНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ  
Монография

Редактор М.А. Сухова  
Верстка Н.В. Кучина

---

Подписано в печать 29.09.14. Формат 60×84/16.  
Бумага офисная «Снегурочка». Печать на ризографе.  
Усл.печ.л. 12, 32. Уч.-изд.л. 13,25. Тираж 500 экз. 1-й завод 100 экз.  
Заказ № 321.

---

Издательство ПГУАС.  
440028, г. Пенза, ул. Германа Титова, 28