**Лекция 2**

**Примеры оценки риска и управления риском**

**2.1. Снятие растительного слоя с ПОЛОСЫ ОТВОДА:**

**С придорожной полосы, на участке Разрабатываемого котлована, при прокладке трассЫ трубопровода**

Объекты промышленного и гражданского строительства, как и объекты транспортной инфраструктуры в процессе строительства и функционирования подвергаются 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, описывающей степень опасности начала строительных работ необходимо оценивать риск деградации плодородного слоя почвы в зависимости от толщины снимаемого слоя на полосе отвода при строительстве, как автомобильных дорог, так и гражданских, промышленных сооружений и подземных коммуникаций.

Производство земляных работ, в том числе выполнение подготовительных работ на полосе отвода под строительство, входит в первую группу комплексных технологических процессов по строительству автомобильных и железных дорог, жилых и промышленных зданий (сооружений). При сооружении земляного полотна автомобильных дорог, как и котлованов на строительных площадках первой технологической операцией является ***снятие плодородного слоя***, т.е. верхней гумусированной части грунтового профиля, обладающей благоприятными для роста растений химическими, физическими и агрохимическими свойствами. Данный вид работ производится, во-первых, на всей площади земель, занимаемых под транспортное, гражданское и промышленное строительство и, во-вторых, на временно отведенных землях для резервов, карьеров и других выработок.

В табл.2.1 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 необратимой деградации почвенно-растительного слоя, а именно уничтожению коренной растительности; нарушению морфологических и биохимических свойств почвы; уплотнению ее поверхностных слоев.

Кроме этого во время хранения почвенного слоя он подвергается интенсивному воздействию погодно-климатических факторов – ветра, воды, солнечной радиации, определенному биологическому воздействию – вызывающих 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 образования техногенного рельефа в результате производственной деятельности.

Таблица 2.1.

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 17.4.1.01-82.  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 17.4.2.06-84.  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 17.4.2.06-85 (в зависимости от типа и подтипа почв, указанных на крупномасштабных почвенных картах) и на основании предварительного согласования с землепользователями (табл.2.2.).

Таблица 2.2

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 |
| Примечание. Минимальная толщина слоя приведена для II дорожно-климатической зоны, а максимальная – для IV и V дорожно-климатических зон. | | |

В связи с этим целесообразно в направлении совершенствования теоретических основ экологической безопасности промышленного, гражданского и транспортного строительства опираться на вероятностно-статистические методы и, в частности, на учёт вероятностной сущности фактических толщин снимаемого плодородного слоя почвы. Это позволит прогнозировать снижение или увеличение уровня деградации почвы от механического нарушения.

**2.1.1 Риск деградации плодородного слоя почвы в зависимости**

**от толщины снимаемого слоя на полосе отвода при строительстве**

**промышленных, гражданских и транспортных сооружений**

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 в среднем требуется около 100 лет). Именно поэтому при строительстве промышленных, гражданских и транспортных сооружений, 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 (или будет удалена из котлована и перемешана с грунтом выемки). 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. Поэтому данный вид работ контролируется экологами и государственными службами как «вид скрытых работ», после производства которых (после качественного снятия растительного слоя) составляется акт приёмки работ, подписываемый всеми заинтересованными лицами (службами) и только после этого допускается разработка котлована, выемки и отсыпка насыпи. Толщины растительного покрова (плодородного слоя) устанавливают бурением ручным буром, прокопками и геофизическими методами в углах сетки квадратов, которые предварительно нивелируют и надёжно привязывают к местной опорной геодезической сети и ситуации местности. По этим данным (методами математической статистики) устанавливают параметры проектной толщины снимаемого плодородного слоя (то есть – среднюю толщину и допустимое среднеквадратическое отклонение толщин гумусного слоя). После снятия растительного слоя восстанавливают по привязкам сетку квадратов и выполняют повторное нивелирование углов сетки. Вычисляют (по разности отметок до снятия и после снятия плодородного слоя) фактические толщины снятого слоя, среднее значение фактических толщин и фактическое среднеквадратическое отклонение толщин снятого слоя.

Представленные ниже расчётные формулы позволяют определить не только вероятность деградации плодородного слоя, но в дальнейшем оценить материальный ущерб выполненных при строительстве работ, не соответствующих проекту.

На рис.2.2 и рис.2.3 представлены схемы недопустимого снятия плодородного слоя почвы.

Под риском будем понимать вероятности некачественного снятия грунта:

; (2.1)

, (2.2)

где *r1* – вероятность нежелательного события, представляющая собой отношение оставшегося (не снятого) объёма плодородного слоя почвы ко всему объёму плодородного слоя, который был расположен на полосе отвода и подлежал снятию;

*r2* –вероятность нежелательного события, представляющая собой отношение снятого объёма грунта (без учёта снятого над ним объёма плодородного слоя) на полосе отвода к общему объёму, состоящему из объёма снятого плодородного слоя и объёма снятого грунта;

В формуле (2.1):

 – оставшийся объём части плодородного слоя на поверхности грунта в пределах полосы отвода, м3;

 – весь объём плодородного слоя почвы на полосе отвода, м3;

В формуле (2.2):

 – объём снятой части грунта (располагавшегося ниже снятого объёма плодородного слоя) на полосе отвода, м3;

 – общий объем снятого плодородного слоя почвы и снятой части грунта на полосе отвода, м3;

******

******

******

******

******

Рис. 2.2.Схема недостаточного снятия плодородного слоя почвы:

*L* – протяженность участка (полосы отвода); *В* – ширина участка; – общая толщина плодородного слоя почвы; – снятая толщина плодородного слоя почвы, см;  – оставшаяся толщина плодородного слоя почвы, которая либо останется под транспортным сооружением, либо будет перемешена с грунтом при разработке котлована или выемки

******

******

******

******

******

Рис. 2.2.Схема снятия плодородного слоя почвы с нижележащим грунтовым массивом: *L* – протяженность участка; *В* – ширина участка;  – общая толщина плодородного слоя почвы, подверженная снятию и механическому нарушению; – снятая толщина плодородного слоя почвы и слоя грунта;  – мощность слоя грунта, снятого с плодородным слоем почвы, которая приведёт к деградации почвенного слоя, перемещённого в кавальер или на участок рекультивации почв.

Для определения значений *r1* и *r2* используем ***теорию риска***.

По данным рисунков 2.2 и 2.3 видно, что параметры *L* и *B* не влияют на качество снятия толщины растительного слоя и, поэтому, от объёмов снимаемых слоёв в формулах теории риска перейдём к их толщинам, а после определения риска вернёмся к анализу деградации плодородного слоя, оперируя его объёмом.

Рассмотрим подробнее оба случая определения ***вероятности (риска) возникновения деградации плодородного слоя почвы*** на полосе отвода от механического нарушения при неполном снятии плодородного слоя и суммарном снятии плодородного слоя и части грунта.

**2.2. Оценка риска снятия плодородного слоя, когда фактическая толщина снятого верхнего слоя почвы меньше проектной величины**

**Когда фактическая толщина снятого верхнего слоя почвы меньше проектной величины (*****<*)**, риск деградации оставшегося плодородного слоя на полосе отвода можно установить по зависимости, в которой требуется выполнение условия >**** (то есть снятая толщина слоя должна быть всегда больше критической толщины):

, (2.3)

где  – фактическая снятая толщина плодородного слоя почвы, которая меньше требуемой (проектной) толщины и поэтому оставшаяся часть плодородного слоя подвержена погребению под земляным полотном автомобильной дороги или перемешена с разрабатываемым грунтом котлована (в обоих случаях эта часть плодородного слоя деградирует), см;

 – среднеквадратическое отклонение фактической снятой толщины плодородного слоя почвы, см;

– критическая (минимальная) толщина снятого плодородного слоя почвы, при которой вероятность нежелательного последствия от утери части плодородного слоя или механического перемешивания с грунтом равна 50%, см (в случае, когда  риск деградации оставшегося (не снятого) слоя стремится к единице);

 – среднеквадратическое отклонение критической толщины для снимаемого плодородного слоя почвы, см;

 – функция Лапласа;

*u* – квантиль подынтегральной функции, который математически зависит от требуемого уровня надёжности [1, 3] (и/или допустимой величины риска):

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Требуемая надёжность | РН | 0,98 | 0,95 | 0,90 | 0,85 | 0,80 | 0,75 |
| Допустимый риск | r | 0,02 | 0,05 | 0,10 | 0,15 | 0,20 | 0,25 |
| Функция Лапласа | Ф(u) | 0,48 | 0,45 | 0,40 | 0,35 | 0,30 | 0,25 |
| Квантиль | u | 2,050 | 1,645 | 1,283 | 1,034 | 0,844 | 0,675 |

Приведём пример использования данных этой таблицы: при уровне надёжности *РН = 0,90* получаем *u = 1,282.* И, следовательно, допустимая величина риска деградации плодородного слоя составит: .

Параметры  и определяют в результате статистических расчетов по достаточному числу замеров толщины снятого плодородного слоя почвы (см. пример расчёта 1).

Среднеквадратическое отклонение  критической толщины снимаемого плодородного слоя почвы () устанавливаются по зависимости:

, (2.4)

где  – коэффициент вариации минимальной (критической по минимуму) толщины снятого плодородного слоя почвы.

При определении параметра  учитывают, что плодородный слой почвы при критической толщине снятия обладает той же однородностью исходных компонентов, что и при фактической толщине, т.е.:

. (2.5)

Зависимость (2.16) справедлива потому, что фактические и критические параметры должны принадлежать к одной совокупности (то есть быть сопоставимыми, в данном случае по коэффициентам вариации). В противном случае необходимо обосновать – почему коэффициенты вариации критических параметров должны изменяться относительно коэффициентов вариации экспериментально установленных параметров (такое изменение коэффициентов вариации возможно только в том случае, когда при возникновении критических параметров появляется ***доминирующий фактор***, например, меняется закон распределения).

Значение критического параметра, когда ***<***, определяют по формулам:

При ≠ 1/u:

, (2.6)

где – проектная толщина снятия плодородного слоя, установленная в процессе изысканий (полевых работ) и проектирования, см;

 – допустимое среднеквадратическое отклонение проектной толщины снятия плодородного слоя, см.

При = 1/u:

. (2.7)

Параметр в формулах (1.17) и (1.18) определяют по зависимости

, (1.8)

где 0,05 – допустимое значение коэффициента вариации обоснованной в проекте расчётной (проектной) толщины почвенного слоя.

Рассмотрим предложенную математическую модель для случая, когда ***<***, на конкретном ***примере*.**

**Пример 1.**

**1.2. Выполнить оценку риска снятия плодородного слоя,**

**когда фактическая толщина снятого верхнего слоя почвы меньше**

**проектной величины**

Проектное значение толщины снимаемого слоя почвы равно 45,5 см.

Тип почвы - черноземы обыкновенные.

Требуемый уровень надёжности РН =0,98. Следовательно, допустимый риск деградации почвы равен 0,02, а расчётный квантиль имеет значение u=2,050 (см. описание к формуле (1.3)).

В табл.2.4 показаны результаты вычисления снятой толщины плодородного слоя в 38 точках, которые получены по данным нивелирования по квадратам, выполненного до и после снятия растительного слоя. Данные точки расположены в вершинах углов квадратов на всём участке отчуждения земель под строительство автомобильной дороги или другого инженерного сооружения (инженерные коммуникации, здания и промышленные сооружения).

Формулы теории риска изменяются с изменением закона распределения исследуемого параметра (в данном случае исследуемый параметр – это толщины снятого плодородного слоя). Поэтому, для обоснования закона распределения данного параметра, выполним некоторые преобразования исходных данных, показанных в табл. 2.3.

Начинают преобразовывать статистические данные с определения среднего значения и среднеквадратического отклонения толщин снимаемого плодородного слоя. Затем устанавливают на основе критерия Пирсона соответствие гистограммы распределения толщин плодородного слоя нормальному распределению, так как чаще всего данное распределение соответствует многим строительным параметрам и определяют риск деградации снимаемого слоя, в случае если параметры распределения толщин плодородного слоя не будут соответствовать проектным требованиям.

Таблица 2.4

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 приведена в табл. 2.4.

Примечание к расчету параметров в табл. 2.4. При применении мультипликативного метода и метода суммирования, измеренные значения толщин растительного слоя распределяют по разрядам (табл.2.5) в зависимости от частоты их появления в графе 3 «абсолютная частость». Вычисление данных графы 4 основывается на значениях графы 2. Первое значение переносится из графы 3 в графу 4, а затем к нему прибавляется второе значение из графы 2. Суммирование значений продолжают до последнего числа в графе 2. 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 4 графы). Контроль вычислений графы 5 подобен предыдущему контролю (см. табл. 2.5). Расчет среднего значения и среднеквадратического отклонения исследуемого параметра показан под табл. 2.5, с использованием её обозначений.

Таблица 2.5

Пример статистической обработки толщины снятия плодородного слоя почвы

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Разряды интервалов | Середина разряда  *Um* | Абсолютная частота, *hm* | Частичная сумма, *Sm* | Накопленная частота, *Т* | Середина условного интервала, *lm* | Произведения | | |
| *lm· ·hm* | *lm2* | *lm2 ·hm* |
| 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= *XА* | 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= *UК* | 3 | 38 | 143 | 3 | 9 | 9 | 27 |
| *d=6* |  | *n*=38 | *M*=143 | *∑Т*=374 |  | *В*=9 |  | *А*=69 |

Выполним обработку данных табл. 2.5 с использованием известных приемов математической статистики:

Метод суммирования:

- среднее значение:

*см*;

- дисперсия:

;

- среднеквадратическое отклонение: =8,07 *см*.

Мультипликативный метод:

- среднее значение:

 *см*;

- дисперсия:

;

- среднеквадратическое отклонение: =8,07 *см*.

Сравнение эмпирического распределения с теоретическим законом распределения по критерию Пирсона показано в табл.2.6.

Вероятность *Pi* в табл. 1.6 вычисляли по формуле Симпсона:

. (2.9)

В формуле (2.9) применяли параметр *m*=2. Тогда

, (2.10)

где *b* и *a* – правая и левая граница толщины снятия плодородного слоя почвы в разрядах интервалов (см. табл. 2.6);

y0, y1,…..,y4 – ординаты точек, определяемые по формуле

 *b* (2.11)

*а*

где  *а –* нижняя граница толщин в разряде интервалов (например, *а=Нmin=31см),* а *b –* верхняя граница толщин в разряде интервалов (например, *b=Нmax=37см).*

Таблица 2.6

Сравнение фактического распределения толщин снятого плодородного слоя почвы с законом нормального распределения

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Разряды интервалов | Абсолютная частота,  *hm* | Вероятность попадания измерений в разряд, *Pi* | Теоретическое количество измерений в разряде (*nt=Pi·n*) |  |
| < 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=6* | *n*=38 | *∑Pi*=0,997 |  | ∑=5,0115 |

При сравнении с нормальным законом распределения также применяли формулу вида (расчёт по формуле (2.12) значительно проще, чем по формуле (1.21), но даёт одинаковые (такие же) результаты):

, (2.12)

где Ф(*и*) – функция Лапласа;

*Нi(min)* и *Нi+1(max)* – левая и правая граница толщины снятия плодородного слоя почвы в разрядах (см. табл.2.6);

*Нcр* и *σН* - средняя толщина снятия плодородного слоя почвы и среднеквадратическое отклонение толщины снятия плодородного слоя почвы.

На рисунке 2.1 показано сравнение гистограммы (толщины снятия плодородного слоя почвы) с плотностью нормального распределения.

Для теоретического распределения число степеней свободы определяли по формуле

, (2.13)

где k – число разрядов (в табл.1.6 k = 8);

r – число наложенных связей (для нормального закона распределения r=3).

Получаем ν =8-3=4. Из таблиц χ2 распределения (приложение 2) при χ2=5,0115 и ν=5 выписываем вероятность, по которой устанавливается соответствие теоретического закона распределения результатам измерений (гистограмме):

- отличное соответствие при *P*>0,5;

- хорошее соответствие при *P*=0,3÷0,5;

- удовлетворительное соответствие при *P*=0,1÷0,3;

- неудовлетворительное соответствие при *P*<0,1.

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

. (2.14)

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

=0,003.

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

*f(Н)*

0,06

0,05

0,04

0,03

0,02

0,01

0

19 25 31 37 43 49 55 61 67, *Н*,*см*

Рис. 2.1. Гистограмма толщины снятия плодородного слоя почвы

и плотность нормального распределения

Учитывая, что , а , то данному примеру соответствует математическая модель описанная неравенством ***<*.**

## Последовательность расчёта риска деградации почвенного слоя

1. В проектной документации на основании предварительных геофизических изысканий обоснована проектная толщина снятия плодородного слоя почвы (****), представляющего собой чернозём обыкновенный. Было установлено (см. исходные данные примера 1), что проектное значение снимаемого слоя почвы составляет 45,5 *см*, а допустимое среднеквадратическое отклонение от проектной толщины () слоя (при котором риск деградации снимаемого слоя почвы не превысит допустимую величину) определяется по формуле (2.8) и имеет значение

.

Устанавливаем фактический коэффициент вариации толщины снятого плодородного слоя (см. расчёт, представленный в табл. 2.5) по выражению

. (2.15)

.

Учитывая, что средняя толщина снятого слоя меньше проектной толщины, а значение среднеквадратического отклонения больше допустимого среднеквадратического отклонения, следует установить риск деградации плодородного слоя и уровень надёжности, соответствующий выполненной работе.

2. По формуле (2.6) определяем критическую толщину снимаемого плодородного слоя почвы, при которой риск деградации этого слоя будет равен 50%:



.

6. Среднеквадратическое отклонение критической (минимальной) толщины снятого плодородного слоя почвы, определяем по формуле (2.4):



7. По формуле (2.3) устанавливаем риск деградации оставшегося плодородного слоя почвы на полосе отвода при фактической толщине снятого слоя почвы меньше требуемой (проектной) толщины слоя:





***Выводы:*** 1. Риск потери оставшегося под телом земляного полотна плодородного слоя почвы в результате недостаточного снятия его верхней части толщиной 41,4см (при проектной толщине 45,5см) соответствует деградации 1,76м3 в каждых 10м3 снятого слоя (или 17,6м3 в каждых 100м3; или 176м3 в каждой 1000м3 снятого слоя и так далее). Например, 0,176м3 в каждом 1м3 или 1760м3 в каждых 10000м2.

2. Вместо требуемой надёжности снятия растительного слоя Ртр=0,98 удалось реализовать надёжность равную значению  (см. таблицу в описании параметров формулы (2.3)).

Определим теперь, какой риск деградации плодородного слоя был бы получен, если бы дорожники (строители) сняли проектную толщину чернозёма (45,5 см) при допустимом значении коэффициента вариации снимаемого слоя (0,05).

Определяем параметры критического распределения при проектных характеристиках снимаемого слоя:

1. Значение критического параметра, при котором риск деградации почвы равен 50%:





(при улучшении качества работ по снятию почвенного покрова значение критической толщины, соответствующее 50%-у риску, увеличилось, что и требовалось ожидать, когда критическая величина меньше проектной).

1. Значение среднеквадратического отклонения критического параметра при этом же (допустимом) коэффициенте вариации уменьшилось:

.

Проектная величина риска деградации оставшихся под телом насыпи отдельных прослоек плодородной почвы (при качественном снятии гумусного слоя) составила бы:



.

**Выводы.** 1. Проектный риск допускал деградацию 2,2 м3 в каждых 100 м3 снятого плодородного слоя (или 22 м3 деградации в каждой 1000 м3 снятого плодородного слоя).

2. Проектная величина снимаемой толщины почвенного слоя практически соответствует требуемому уровню надёжности: .

Следовательно, допустимый коэффициент вариации 0,05 установлен правильно, так как уровню надёжности 0,98 отвечает именно такое качества работ.

**2.2 Оценка риска снятия плодородного слоя,**

**когда фактическая толщина снятого верхнего слоя почвы больше**

**проектной величины**

Рассмотрим второй случай оценки риска**: Когда фактическая толщина снятого верхнего слоя почвы больше проектной величины** (>) и, следовательно ****>.

Вэтом случае риск деградации плодородного слоя, снятого с частичным захватом расположенного ниже грунта, устанавливают по формуле:

, (2.16)

где – критическая (максимальная) толщина снятого плодородного слоя почвы с грунтом, при которой вероятность нежелательного последствия от механического нарушения почвы равна 50%, см;

 – среднеквадратическое отклонение критической (максимальной) толщины снятого плодородного слоя почвы с грунтом, см;

 - среднее значение фактической толщины снятого слоя почвы с грунтом, см;

- среднеквадратическое отклонение фактической толщины снятого плодородного слоя с грунтом, см;

 – функция Лапласа;

*u* – квантиль подынтегральной функции, который математически зависит от требуемого уровня надёжности [1, 3] (и/или допустимой величины риска) и может быть определён ***по повторно*** представленной таблице:

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Требуемая надёжность | РН | 0,98 | 0,95 | 0,90 | 0,85 | 0,80 | 0,75 |
| Допустимый риск | r | 0,02 | 0,05 | 0,10 | 0,15 | 0,20 | 0,25 |
| Функция Лапласа | Ф(u) | 0,48 | 0,45 | 0,40 | 0,35 | 0,30 | 0,25 |
| Квантиль | u | 2,050 | 1,645 | 1,283 | 1,034 | 0,844 | 0,675 |

Для составления таких таблиц используют следующий алгоритм:

1. ;
2. ;
3. В поле таблицы функции Лапласа (приложение 1) находим значение Ф(u) и относительно этого значения с входов в данную таблицу выписываем величину квантиля u.

Значение критического параметра, когда ***>***, определяют по формулам:

при ≠ 1/u:

; (2.17)

при = 1/u:

 , (2.18)

где - допустимое среднеквадратическое отклонение от проектной толщины слоя (при котором риск деградации снимаемого слоя почвы не превысит допустимую величину) определяют по формуле (2.19), имеющей вид:

. (2.19)

При определении параметра  учитывают, что плодородный слой почвы при критической (максимальной) толщине снятия обладает той же однородностью исходных компонентов, что и при фактической толщине, т.е.:

. (2.20)

Как уже отмечалось, зависимость (2.20) справедлива потому, что фактические и критические параметры должны принадлежать к одной совокупности (то есть быть сопоставимыми по коэффициенту вариации).

Показатели , и  определяют в результате статистических расчетов по достаточному числу замеров толщины снятого плодородного слоя почвы с грунтом.

Среднеквадратическое отклонение  критической (максимальной) толщины снятого плодородного слоя устанавливают по формуле:

, (2.21)

где  – коэффициент вариации критической (максимальной) толщины снятого плодородного слоя почвы с грунтом.

Сопроводим и эту математическую модель (для случая, когда **>**) конкретным ***примером расчёта с оценкой риска*.**

**Пример 2**

**Выполнить оценку риска снятия плодородного слоя, когда**

**фактическая толщина снятого верхнего слоя больше проектной**

**толщины почвы (>)**

Пусть согласно заданию проектное значение толщины снимаемого слоя почвы равно 37,8 см, а среднее значение и среднеквадратическое отклонение фактически снятого слоя почвы соответствуют данным табл. 2.4 и табл. 2.5 предыдущего примера, то есть  и .

Следовательно, все статистические расчёты, обосновывающие по формулам (2.10) – (2.14) соответствие фактического распределения нормальному закону, остаются в силе и для данного примера.

Тип почвы – серозёмы лесные.

Требуемый уровень надёжности РН =0,98. Следовательно, допустимый риск деградации почвы равен 0,02, а расчётный квантиль имеет значение u=2,050 (см. описание к формуле (2.16)).

Учитывая, что , а , то для анализа риска деградации плодородного слоя в данном примере применима математическая модель, представленная формулами (2.16) – (2.21). На это указывают исходные данные отвечающие неравенству ***>*.**

## Последовательность расчёта риска деградации почвенного слоя

1. Определяем, соответствует ли допустимому разбросу среднеквадратическое отклонение (8,07 см) толщины плодородного слоя.

Для этого определяем коэффициент вариации снятого плодородного слоя с частичным захватом нижерасположенного грунта по выражению .

Учитывая, что допустимое значение коэффициента вариации равно значению 0,05 получаем, что риск деградации снятого плодородного слоя вместе с грунтом, очевидно, будет больше допустимого значения, так как допущено превышение проектной толщины срезанного слоя (41,4см >37,8 см) и значительно завышен коэффициент вариации снятых толщин (0,195 > 0,05).

2. Коэффициент вариации критической толщины плодородного слоя почвы приравниваем к коэффициенту вариации фактической толщины снятого слоя, так как фактическое и критическое распределения толщин снимаемого и критического слоёв должны быть сопоставимыми (принадлежать к одной совокупности): .

2. Так как проектное значение снимаемого слоя почвы составляет 37,8 *см*, а допустимое значение коэффициента вариации снимаемого слоя равно значению 0,05, то среднеквадратическое отклонение от проектной толщины () слоя (при котором риск деградации снимаемого слоя почвы не превысит допустимую величину) определяется по формуле (2.8):

.

1. Критическую толщину снимаемого плодородного слоя почвы, при которой риск деградации равен 50%, определяем по формуле (2.17):

****

**.**

1. Среднеквадратическое отклонение критической толщины снятого плодородного слоя почвы, определяем по формуле (2.9):

.

6. По формуле (2.16) устанавливаем риск деградации снятого и перемещённого в кавальер растительного слоя почвы, с учётом попавшего в него грунта с полосы отвода





.

***Выводы:*** 1. Риск деградации снятого плодородного слоя почвы вместе с расположенным ниже грунтом в связи с увеличением толщины снимаемого слоя до 41,4 см по сравнению с проектной толщиной 37,8 см составляет 2,71м3 на каждые 10м3 (или 27,1м3 на каждые 100м3; или 271м3 на каждую 1000м3).

2. Вместо требуемой надёжности снятия растительного слоя Ртр=0,98 удалось реализовать надёжность равную значению  (см. таблицу под описанием параметров к формуле (2.16)). Данная надёжность ниже предельно допустимого значения РН=0,75 по нормативным требованиям.

Определим теперь, какой риск деградации плодородного слоя был бы получен, если бы дорожники сняли проектную толщину чернозёма (37,8 см) при допустимом значении коэффициента вариации снимаемого слоя (0,05).

Определяем параметры критического распределения при проектных характеристиках снимаемого слоя:

1. При соблюдении проектной толщины снимаемого плодородного слоя 37,8 см, допустимое среднеквадратическое отклонение проектной толщины определяют по формуле (2.8):

.

2. Значение критического параметра, при котором риск деградации почвы равен 50%:

****

(при улучшении качества работ по снятию почвенного покрова значение критической толщины, соответствующее 50%-у риску, уменьшилось, что и требовалось ожидать, когда критическая величина больше проектной).

1. Значение среднеквадратического отклонения критического параметра при этом же (допустимом) коэффициенте вариации уменьшилось:

.

Проектная величина риска деградации оставшихся под телом насыпи отдельных прослоек плодородной почвы (при качественном снятии гумусного слоя) составила бы:

.

**Выводы.** 1. Проектный риск допускал деградацию 3,8 м3 в каждых 100 м3 снятого плодородного слоя (или 38 м3 деградации в каждой 1000 м3 снятого плодородного слоя).

2. Проектная толщина снимаемого слоя обеспечивает следующий уровень надёжности , который ниже требуемого значения: РН=0,98. Дальнейшее уменьшение допустимого коэффициента вариации толщины снимаемого плодородного слоя возможно только в случае применения спутниковых (навигационных) технологий производства земляных работ с использованием систем ГЛОНАСС и/или GPS. При отсутствии такой возможности следует снизить требуемый уровень надёжности с 0,98 до значения 0,96 или ниже.

**2.2. Обоснование требуемой ширины покрытия**

**подъездных дорог к стройплощадкам**

**по допустимому риску разъезда автопоездов**

**1 Обоснование требуемой ширины покрытия подъездной дороги**

**к строительной площадке**

Требуемую ширину покрытия дороги (проезжей части и краевых полос) временных подъездных дорог к строительной площадке определяют по величине допустимого риска столкновения крупногабаритных транспортных средств (панелевозов, автопоездов) из условия их движения с максимально допустимой скоростью разъезда. Другими словами, скорость движения автопоездов определяется по величине допустимого риска столкновения данных крупногабаритных транспортных средств при их разъезде. При проектировании подъездной дороги величина допустимого риска не должна превышать значение , что означает «допустимость одного дорожно-транспортного происшествия (ДТП) по причине несовершенства дороги из 10000 случаев разъезда крупногабаритных транспортных средств с обоснованной или обеспеченной скоростью».

Этот расчёт учитывает, что водители управляют транспортными средствами в пределах так называемого "коридора рыскания". Чем выше скорость движения, тем шире коридор рыскания, который и является динамической шириной транспортного средства. Объезжая неровности, выбоины, участки локального понижения покрытия, возвышающиеся над покрытием обечайки и крышки люков колодцев подземных коммуникаций, водители возвращают транспортное средство на ось полосы движения по синусоиде в связи с часто возникающим эффектом перерегулирования. При этом длина волны перерегулирования может достигать от десятков до сотен метров, а амплитуда волны – зависит от скорости движения и причины, вызвавшей резкое изменение направления транспортного средства от оси движения (например, человек на обочине или на проезжей части; автобус на остановке с частичным перекрытием полосы движения…).

В среднем амплитуда отклонения легкового автомобиля при скорости 100 км/ч составляет по 40 сантиметров в обе стороны от оси движения под влиянием поперечного увод колёс, вызванного наличием обязательного для отвода воды поперечного уклона проезжей части и реакцией водителя на это отклонение. При оценке опасности разъезда транспортных средств с различными скоростями необходимо учитывать динамические габариты транспортных средств, учитывающие наличие «коридора рыскания».

При анализе опасности столкновения разъезжающихся автопоездов (как и других автомобилей) необходимо установить влияние параметров покрытия (ширины укрепленной поверхности и допуска на её среднеквадратическое отклонение) на риск столкновения при разъезде.

Данная процедура позволяет определить вероятность возникновения ДТП по причине несовершенства дорожных условий (параметров ширины покрытия) при заданной скорости движения и итерационным методом, увеличивая ширину покрытия, добиться такого уровня безопасности, при котором риск столкновения при разъезде крупногабаритных транспортных средств будет равен допустимому значению .

Исходными данными этой процедуры являются:

– предварительное (итерационное) значение проектной ширина покрытия (Впр), которое включает в себя ширину проезжей части двухполосной подъездной дороги и ширину краевых укрепленных полос;

– типы транспортных средств, участвующих в разъезде, и их габаритные характеристики, принимаемые в соответствии с фактическими автопоездами, которые будут участвовать в перевозках, например:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Параметры разъезжающихся транспортных средств | Седельный панелевоз  с параметрами: | Автопоезд  (тягач с двухосным прицепом) |
| Ширина, м  Колея, м  Длина, м |  |  |

*Примечание: габаритные характеристики транспортных средств изменяют в соответствии с планируемым для перевозок составом движения;*

– скорости движения (V1 и V2) разъезжающихся транспортных средств принимают в данном случае расчёта одинаковыми (V1=V2) для обоих транспортных средств (участвующих в разъезде). В первой итерации эти скорости можно принимать в зависимости от проектной ширины полосы движения на дорогах IV, III и II категорий соответственно:

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Ширина полосы движения, м | 3,00 | 3,50 | 3,75 |
| Скорость автопоезда, км/ч | 60 | 65 | 70 |

Используя перечисленные исходные данные, устанавливают риск разъезда расчётных или фактических транспортных средств (самых крупногабаритных на данной подъездной дороге к строительной площадке). Если риск разъезда в результате расчёта окажется выше (больше) допустимого, а предложенные скорости движения соответствуют оптимальным значениям (не могут быть уменьшены), то проектировщик, увеличивая ширину покрытия подъездной дороги, определяет требуемое значение ширины покрытия, при котором риск разъезда самых крупногабаритных транспортных средств уменьшится до допустимого значения.

***Последовательность расчёта***

1. Определяют критическую ширину покрытия, на которой риск разъезда данных типов транспортных средств с расчётными скоростями V1 и V2 (V1=V2 – по условию задачи)равен 50%

|  |  |
| --- | --- |
| , | (2.22) |

где D1 и D2 – длины транспортных средств, м;

V1 и V2 – расчётные скорости движения (в данном случае следует принимать одинаковыми), км/ч;

а1 и c1 – ширина и колея первого автопоезда (панелевоза, лесовоза…), м;

а2 и c2 **–** ширина и колея второго автопоезда (то же), м.

1. Устанавливают среднеквадратическое отклонение критической ширины покрытия, при которой риск разъезда автопоездов равен 50%-ам

|  |  |
| --- | --- |
| . | (2.23) |

1. Обосновывают допуск на среднеквадратическое отклонение () проектной ширины покрытия, который необходимо выдерживать при строительстве подъездной дороги

|  |  |
| --- | --- |
| , | (2.24) |

где  допустимое отклонение ширины покрытия относительно проектной ширины покрытия, м. Значение этого параметра ;

 проектная ширина покрытия, м;

 нормированное (допустимое) расстояние между поперечниками (м), через которое измеренное отклонение при приёмке подъездной дороги в эксплуатацию () не должно превышать допустимое отклонение () ширины покрытия. На меньших расстояниях между поперечниками, чем нормированное расстояние  фактические отклонения ширины покрытия от проектной ширины должны быть менее 6 см (< 0,06 м). Значение параметра  (м) определяется в зависимости от обеспеченной скорости движения

|  |  |
| --- | --- |
| , | (2.25) |

где  расчётная (обеспеченная или принятая к расчёту) скорость разъезда на данной категории дороги, км/ч.

1. Риск разъезда автопоездов, движущихся со скоростями V1 и V2 на покрытии с параметрами Впр и :

|  |  |
| --- | --- |
| . | (2.26) |

Используя данный алгоритм, по формуле (2.26) вычисляют риск столкновения транспортных средств при разъезде с расчётными (обеспеченными) скоростями самых крупногабаритных транспортных средств на данном строительном объекте. Если риск столкновения на проектной ширине покрытия оказался больше допустимого (больше чем ), то допустимый риск получают с помощью итеративного процесса оценки и уменьшения риска.

Итерации начинают с увеличения проектной ширины покрытия, что приводит к уменьшению определяемого риска. Ширину покрытия, при которой риск столкновения автопоездов будет меньше или равен допустимому риску, (), принимают в качестве обеспеченной ширины по условию требуемой безопасности движения из условия разъезда автопоездов на подъездной дороге.

Перед представлением исходных данных рассмотрим применение данной процедуры оценки безопасности разъезда тяжёлых транспортных средств, на конкретном примере управления риском при обосновании требуемой ширины покрытия подъездной дороги к стройплощадке.

**Пример расчёта 3**

Требуется определить ширину покрытия подъездной дороги к строящимся объектам химического комбината по условию допустимого риска разъезда автопоездов с заданными параметрами крупногабаритных транспортных средств:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Параметры разъезжающихся транспортных средств | Седельный панелевоз  с параметрами: | Автопоезд  (тягач с двухосным прицепом) |
| Ширина, м  Колея, м  Длина, м |  |  |

Проектную ширину покрытия определить с учётом дальнейшего использования данной подъездной дороги в качестве дороги II технической категории.

***Последовательность расчёта***

1. Нормированная ширина полосы движения на дорогах II технической категории равна 3,75 метра; ширина краевых полос движения не меньше 0,75 метра. Общая ширина покрытия двухполосной дороги: .

2. На такой ширине покрытия обеспеченная безопасностью движения скорость гружёного автопоезда принимается равной 70 км/ч.

2. Следует проверить достаточность нормативной ширины покрытия дороги II категории для разъезда двух автопоездов, с указанными габаритами при величине допустимого риска столкновения 1/10000 и, при условии превышения этого риска, увеличить проектную ширину покрытия до значения, при котором риск столкновения будет соответствовать допустимому уровню безопасности разъезда автопоездов с представленными выше скоростями.

3. Определяем критическую ширину покрытия по формуле (2.22):



.

4. Устанавливаем среднеквадратическое отклонение критической ширины покрытия по формуле (2.23)

.

6. Рассчитываем допустимое значение среднеквадратического отклонения ширины покрытия при его строительстве по формуле (2.24). Для этого предварительно определяем: параметр d по выражению (2.25):

 и по формуле (2.24) находим:

.

**7.** Определяем риск разъезда данных автопоездов на нормированной ширине покрытия с установленными в проекте скоростями по формуле (2.36):



.

Вывод. Данной ширины покрытия недостаточно для обеспечения требуемого уровня безопасности движения автопоездов (0,097>1/10000) в период строительства объекта (химкомбината). Необходимо увеличить ширину покрытия до значения 11,15 м, при котором риск столкновения в момент разъезда автопоездов равен допустимой величине. Покажем этот расчёт (опуская итерации):

Пусть Впр=11,15 м. Тогда:

- по формуле (2.24)

.

- по формуле (2.26)



Вывод. Требуемая ширина покрытия подъездной дороги при движении автопоездов со скоростью 70 км/ч должна быть равна 11,15 м при допустимом значении среднеквадратического отклонения ширины не более 0,34 м.

После строительства химкомбината данное уширение дорожной конструкции и асфальтобетонного покрытия на 2,15 м планируется использовать в качестве укреплённой части обочины для вынужденной остановки транспортных средств (с уширением остановочных полос до нормативных требований).

**2.3 Обоснование требуемых радиусов кривых**

**в плане по допустимому риску потери**

**устойчивости автопоезда**

* + 1. ***Обоснование требуемого радиуса кривой в плане***

***на подъездной дороге к строительной площадке***

***по процедуре оценки риска заноса и опрокидывания автопоезда***

Параметры закругления (радиус кривой, коэффициент сцепления, уклон виража и продольный уклон) оказывают влияние на вероятность потери устойчивости автомобилей и автопоездов на кривой в плане, связанной с заносом или опрокидыванием транспортных средств, движущихся с высокой скоростью. Параметры закругления могут быть приняты в проекте некачественно и поэтому могут способствовать возникновению аварийной ситуации или даже ее провоцировать. Данная процедура призвана определить и уменьшить до допустимого риска вероятность возникновения ДТП по причине несовершенства дорожных условий (перечисленных выше параметров закругления) при проектировании кривых в плане на подъездной дороге к строительной площадке.

Исходными параметрами данной процедуры являются:

– проектная величина радиуса (*Rпр*) кривой в плане;

– расчётная (обеспеченная) скорость движения автопоездов (*V*) на проектируемой подъездной дороге к строительной площадке;

– величина и направление () максимального продольного уклона (*im*) на кривой в плане;

– тип и состояние покрытия;

– уклон виража (*iв*);

– тип автопоезда и его основные характеристики (масса, лобовая площадь, коэффициент обтекаемости, коэффициент сцепного веса).

При движении автопоезда с расчётной скоростью в процессе проектирования кривой в плане устанавливают:

1. Продольную составляющую коэффициента сцепления:

|  |  |
| --- | --- |
| , | (3.1) |

где γ – параметр, определяющий долю продольного коэффициента сцепления, которая может быть израсходована на движение в тяговом режиме (табл. 3.1);

φ20 и βφ – см. приложение 2;

*V* – расчётная скорость движения автопоезда, определяемая для подъездных дорог в зависимости от проектной ширины полосы движения на дорогах IV, III и II категорий соответственно:

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Ширина полосы движения, м | 3,00 | 3,50 | 3,75 |
| Скорость автопоезда, км/ч | 60 | 65 | 70 |

*Примечание. Данная скорость движения уже установлена в предыдущем примере, при определении требуемой ширины покрытия на данной подъездной дороге к строительной площадке по допустимому риску разъезда двух автопоездов.*

1. Среднеквадратические отклонения:

– коэффициента сцепления колёс с покрытием по формуле

, (3.1.1)

* скорости движения по формуле

. (3.1.2)

1. Коэффициент сопротивления качению по формуле

, (3.1.3)

где f20 и Kf – устанавливают по приложению 3.

Примечание. Скорость движения транспортных средств в формулах (3.1) – (3.1.3) выражена в км/ч.

1. Коэффициент тяговой силы:

|  |  |
| --- | --- |
| , | (3.2) |

где

*f* – расчётное значение коэффициента сопротивления качению;

*i* – величина и направление () продольного уклона, тысячные;

*К* – коэффициент обтекаемости лобовой площади автопоезда (табл.3.2), кг/м3;

F – лобовая площадь тягача с учётом высоты отражателя ветра на крыше кабины, направляющего встречный поток воздуха вверх (см. табл.3.2), м2;

*V* – расчётная скорость движения автопоезда, км/ч;

*VB* – скорость ветра, км/ч;

*m* – полная масса снаряжённого автомобиля-тягача и прицепа (полуприцепа) с массой груза, приходящаяся на все колёса автопоезда, кг;

*g* – ускорение свободного падения, м/с2;

*Ксц* – коэффициент сцепного веса, принимаемый по справочнику транспортных средств с учетом зависимости:

, (3.2.1)

где *GСЦ* – сцепной вес или (другими словами) – вес, приходящийся на ведущие колёса автомобиля-тягача (без учёта веса прицепа и части веса, приходящегося на переднюю ось автомобиля), . Примечание: для седельного тягача, кроме указанного выше веса, в сцепной вес входит часть веса полуприцепа, которая приходится на седельно-сцепное устройство (седло) автомобиля-тягача, ;

*mСЦ* – сцепная масса, приходящаяся на ведущие колёса автомобиля-тягача (без учёта массы прицепа и массы, приходящейся на переднюю ось автомобиля), кг; Примечание: для седельного тягача, кроме указанной выше массы, в сцепную массу входит часть массы полуприцепа, которая приходится на седло автомобиля-тягача, кг (эту массу называют нагрузкой на седельно-сцепное устройство);

*G* – полный вес автомобиля тягача и прицепа, то есть это весь вес, приходящийся на все колёса автопоезда, ;

*m* – см. выше, кг.

У порожних и загруженных автомобилей-тягачей (как и у порожних и загруженных грузовых автомобилей) сцепной вес составляет 60 – 80% полного веса транспортного средства. Поэтому коэффициент сцепного веса для грузового состава транспортных средств находится в пределах 0,60 – 0,80. При оценке устойчивости легковых автомобилей следует учитывать, что коэффициент сцепного веса изменяется в пределах 0,45 – 0,64. В расчётах устойчивости транспортных средств с постоянным приводом на все колёса автомобиля-тягача (как и для полностью приводных легковых и грузовых автомобилей) сцепной вес равен полному весу, а коэффициент сцепного веса равен единице. Полуприцепы опираются на седло и, следовательно, на задние колёса (или на заднюю тележку) автомобиля-тягача. Поэтому полуприцепы увеличивают сцепной вес ведущих колёс тележки седельного тягача, а значит, часть веса полуприцепа входит в расчёт коэффициента сцепного веса. Ось полуприцепа (задняя ось автопоезда) не является ведущей и поэтому вес, приходящийся на эту ось, не участвует в расчёте коэффициента сцепного веса. Однако масса, приходящаяся на ось полуприцепа, участвует в полной массе автопоезда при расчёте коэффициента тяговой силы и его среднеквадратической ошибки, которые определяют по формулам (3.2) и (3.3). У всех прицепов сцепной вес отсутствует, так как отсутствуют у них ведущие колёса. Однако, как уже отмечалось, масса загруженного прицепа, как и полуприцепа, присутствует в полной массе ***m*** формулы (3.2) и, порой, значительно снижает коэффициент тяговой силы автопоезда, определяемый по этой формуле. ***Примечание. В тормозном режиме (при торможении автопоезда) колёса прицепа (полуприцепа) участвуют в торможении, и поэтому, у всех видов прицепов в режиме торможения сцепной вес присутствует, а значит, все колёса автопоезда участвуют в расчёте устойчивости заторможенного транспортного средства.***

Таблица 3.1*.*

Расчетные значения коэффициентов γ

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Тип  покрытия | Значения  при скоростях движения (км/ч): | | | | | | | |
| 30 | 40 | 50 | 60 | 80 | 100 | 120 | 140 |
| Цементобе- тонное | 0,8  0,85 | 0,8  0,85 | 0,8  0,85 | 0,8  0,85 | 0,8  0,85 | 0,85 | 0,9  0,95 | 0,951 |
| Асфальтобетонное с шероховатой обработкой | 0,95 | 0,95 | 0,95 | 0,95 | 0,95 | 1 | 1 | 1 |
| Горячий ас-фальтобетон без шероховатой обработки | 0,82 | 0,82 | 0,82 | 0,82 | 0,82 | 0,85 | 0,93 | 1 |
| Холодный асфальтобетон | 1 | 1 | 1 | 1 | – | – | – | – |

Примечание: для покрытия из цементобетона коэффициенты такие же, как для покрытия из горячего асфальтобетона без шероховатой обработки; для щебёночных покрытий коэффициент  равен единице.

1. Критическую величину радиуса кривой в плане, соответствующую 50-ти процентному риску потери устойчивости автомобиля:

|  |  |
| --- | --- |
| , | (3.3) |

где

Vр – расчётная скорость движения автопоезда (на подъездной дороге к строительной площадке установлена по допустимому риску разъезда автопоездов), км/ч;

φ1 и μх – продольная составляющая коэффициента сцепления и коэффициента тяговой силы (см. расчёты по формулам (3.1) и (3.2));

– поперечная составляющая коэффициента сцепления, при которой происходит занос или опрокидывание автомобиля с вероятностью 0,5 (50%), (формула (3.3) выведена по условию равенства сил удерживающих силам сдвигающим на кривой в плане). Примечание. Реализация соотношения φ1< μх под корнем формулы (3.3) означает, что ведущие колёса находятся в режиме буксования на скользком покрытии (движение с силой тяги, соответствующей данному коэффициенту тягового усилия, невозможно по сцепным качествам покрытия);

iв – уклон виража, тысячные.

##### Таблица 3.2

Коэффициенты обтекаемости лобовой площади автомобиля

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Тип автомобиля** | **Лобовая площадь,**  **м2** | **Коэффициент обтекаемости, кг/м3** |
| Легковой автомобиль.  Пассажирский автомобиль (с числом мест не более 8 и полной массой до 5 тонн) | ,  где H – высота;  В – ширина автомобиля, м | 0,20 – 0,35 |
| Пассажирский автомобиль (с числом мест более 8 и полной массой 5 – 10 тонн).  Легкий грузовой и легкий автопоезд (полной массой до 3,5 тонн) | То – же | 0,30 – 0,50 |
| Пассажирский автомобиль (с полной массой более 10 тонн) |  | 0,50 – 0,60 |
| Средний грузовой и автопоезд (с полной массой 3,5 – 12 тонн) | То – же | 0,45 – 0,70 |
| Тяжелый грузовой и автопоезд (с полной массой от 12 тонн до 18 тонн и более) | То – же | 0,70 – 0,85 |

1. Допустимое среднеквадратическое отклонение радиуса кривой в плане:

|  |  |
| --- | --- |
| , | (3.3) |

где  допуск в пределах кривой в плане на радиальное отклонение оси покрытия относительно проектного положения оси, м. Значение этого параметра: ;

 проектное значение радиуса кривой в плане, м;

 параметр, представляющий собой расстояние между поперечниками (м), через которое радиальное отклонение оси дороги на кривой в плане не должно превышать допустимое отклонение () относительно проектного положения. Параметр  определяют в зависимости от критической длины остановочного пути автомобиля [см. формулу (3.3.1)] и проектного значения радиуса кривой в плане по выражению

|  |  |
| --- | --- |
| , | (3.4) |

где

 коэффициент, определяемый в зависимости от величины расчётной скорости автопоезда, на проектируемой подъездной дороге:

Расчётная скорость (автопоезда при скорости 70 км/ч)

на подъездной

дороге, км/ч 30 40 50 60 80 100 120 140

Коэффициент **** 0,110,092 0,082 0,071 0,0615 0,046 0,0425 0,0405

формулы (3.4);

Критическая длина остановочного пути автопоезда, при обеспеченной скорости движения:

**, (3.3.1)

где

*V* – расчётная (обеспеченная) скорость движения автопоезда на данной категории дороги (установленная по требуемой ширине покрытия при допустимом риске разъезда автопоездов), км/ч;

*φ* – коэффициент сцепления при расчётной скорости движения автопоезда, определяемый по формуле (3.1);

*i* – направление () и максимальная величина продольного уклона на кривой в плане;

*tp* – расчётное время реакции водителя (промежуточные значения расчётных скоростей и времени реакции устанавливают интерполированием), c:

Таблица 3.3

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Характеристики времени реакции водителя | | | | | | | | | |
| V, км/ч | 30 | 40 | 50 | 60 | 80 | 100 | 110 | 120 | 140 |
| tР, с | 2,0 | 1,9 | 1,8 | 1,7 | 1,7 | 1,6 | 1,6 | 1,5 | 1,4 |
| , с | 0,19 | 0,19 | 0,18 | 0,17 | 0,17 | 0,17 | 0,17 | 0,16 | 0,16 |

*f* – коэффициент сопротивления качению, определённый по формуле (3.1.3);

*Кэ* – коэффициент эффективности торможения, определяемый по формуле

, (3.3.2)

где *g* – ускорение свободного падения, м/с2;

*j* – замедление (отрицательное ускорение), определяемое по приложению 4 в зависимости от коэффициента сцепления с применением интерполирования, м/с2.

1. Среднеквадратическое отклонение коэффициента тяговой силы

|  |  |
| --- | --- |
| , | (3.5) |

где σf и σi – элементарные ошибки коэффициента сопротивления качению (*f*) и продольного уклона (*i*):

|  |
| --- |
| ; (3.6)  . (3.7) |

1. Среднеквадратическое отклонение критического радиуса кривой в плане

|  |
| --- |
| **.** (3.8) |

Все параметры этой формулы показаны выше

(см. формулы (3.1), (3.1.1), (3.1.2), (3.2) и (3.5))

1. Риск потери устойчивости автопоезда, движущегося со скоростью Vр по кривой в плане радиусом Rпр, устанавливают по формуле

|  |  |
| --- | --- |
| , | (3.9) |

где

*rд.у.*– опасность дорожных условий и в данном случае заноса (опрокидывания) автомобиля на кривой в плане радиусом *Rпр* при скорости движения *V*;

*Rпр* и – проектный радиус кривой в плане и допуск на его среднеквадратическое отклонение, м;

*Rкр* и *σRкр* – критическая величина радиуса при скорости движения *V*, и среднеквадратическое отклонение радиуса, на которых риск потери устойчивости автомобиля стремится к 50 процентам, м. Параметры *Rкр* и *σRкр*устанавливают по формулам (3.3) и (3.8);

Ф(u) – функция Лапласа (см. приложение 1).

Инженер-проектировщик, используя данный алгоритм (посредством совершенствования радиуса кривой в плане и (или) следующих параметров: коэффициента сцепления, уклона виража и продольного уклона), обеспечивает безопасность движения различных транспортных средств (от легковых автомобилей до автопоездов) на кривых в плане по величине допустимого риска заноса и опрокидывания автомобиля, равного .

**Пример №4**

* + 1. **Обосновать требуемый радиус кривой в плане**

**на подъездной дороге к строительной площадке**

**по допустимому риску потери устойчивости автопоезда**

***1. Исходные данные оценки риска потери устойчивости автопоезда***

***на кривой в плане***

При проектировании данной подъездной дороги в примере №3 были приняты к расчёту и обоснованы:

– допустимая величина риска столкновения при разъезде автопоездов (поэтому допустимый риск потери устойчивости автопоезда на кривой в плане должен быть таким же, а фактический (приемлемый) риск может быть меньше допустимого);

– техническая категория дороги, которая будет построена на участке подъездной дороги к стройплощадке – II категория;

– расчётная (обеспеченная) скорость движения автопоездов на проектируемой подъездной дороге к строительной площадке, равна *V* =70 км/ч (следовательно, обеспеченная скорость на кривой в плане при допустимом риске заноса автопоезда должна быть не ниже 70 км/ч);

– требуемая по условию разъезда автопоездов ширина покрытия двухполосной подъездной дороги ВТР = 11,15 м (данная ширина покрытия в соответствии с нормативными требованиями должна быть увеличена на кривой в плане с внутренней стороны закругления до требуемой ширины в зависимости от радиуса кривой и максимальной длины автопоезда);

Кроме уже обоснованных параметров, исходными данными данной процедуры являются:

– проектная величина радиуса (*Rпр*) кривой в плане, которую в связи со стеснёнными условиями трассирования подъездной дороги на местности следует назначить не более предельно допустимого значения: Rдоп=800 м для II категории дорог;

– величина и направление () максимального продольного уклона (*im*) на кривой в плане по данным проектирования составляет 35%0 (что меньше максимально допустимого уклона на дорогах II категории: 40%0). Причём по направлению движения к строительной площадке подъездная дорога в пределах круговой кривой имеет отрицательный уклон (идёт на спуск), а в обратном направлении, естественно, этот же уклон имеет положительное значение. Поэтому следует установить риск потери устойчивости автопоезда в обоих направлениях, учитывая при этом, что технологический процесс строительства, связанный с подвозом строительных материалов (железобетонных конструкций, опалубки, оборудования), требует сохранения скорости перевозки не ниже 70 км/ч;

– тип покрытия: асфальтобетон с шероховатой обработкой в сухом состоянии (γ=0,95; );

– уклон виража (*iв=40%0*);

Тип автомобиля-тягача и его основные характеристики:

– грузоподъёмность 7000 кг;

– допустимая масса буксируемого прицепа 10000 кг;

– собственная масса 7700 кг:

в том числе на переднюю ось 3520 кг;

на тележку 4180 кг;

– полная масса 14925 кг;

в том числе на переднюю ось 4170 кг;

на тележку 10755 кг.

Тип буксируемого прицепа и его основные характеристики:

– грузоподъёмность 6800 кг;

– собственная масса 3200 кг;

– полная масса 10000 кг.

Массы автопоезда:

– полная масса автопоезда: mпол= 24925 кг, которая состоит из полной массы загруженного автомобиля-тягача mат=14925 кг и полной массы загруженного прицепа с душкой mпр= 10000 кг (из них собственная масса прицепа 3200 кг);

– полная масса, приходящаяся на переднюю ось автомобиля тягача m=4170 кг;

– полная сцепная масса нагруженного автомобиля-тягача mсц= 10755 кг (она вычисляется путём вычитания из полной массы автомобиля-тягача массы, приходящейся на его переднюю ось: 14925 – 4170 = 10755 кг);

– собственная масса автопоезда 7700 + 3200 = 10900 кг;

– коэффициент сцепного веса Ксц= mсц/mат = 10755/14925=0,72;

– лобовая площадь F=6,45 м2;

– коэффициент обтекаемости К=0,85 кг/м3.

***Результаты расчёта***

1. По формуле (3.1) определяем продольную составляющую коэффициента сцепления

|  |
| --- |
| , |

где

γ – параметр, определяющий долю продольного коэффициента сцепления, которая может быть израсходована на движение в тяговом режиме (табл. 3.1);

φ20 и βφ – коэффициенты формулы (3.1), определяемые по приложению 2;

*V* – расчётная скорость движения автопоезда, равная 70 км/ч.

2) По формуле (3.1.1) определяем среднеквадратическое отклонение коэффициента сцепления

.

3) По выражению (3.1.2) устанавливаем среднеквадратическое отклонение скорости движения

.

4) По зависимости (3.1.3) находим значение коэффициента сопротивления качению



где f20 и Kf – устанавливаем по приложению 3.

5) Коэффициент тяговой силы определяем по формуле (3.2):

***- по направлению движения к строительной площадке (на спуск)***



где

*f=0,025* – расчётное значение коэффициента сопротивления качению;

*i=**0,035* – величина продольного уклона (минус – по направлению к стройплощадке), тысячные;

*К=0,85* кг/м3– коэффициент обтекаемости лобовой площади автопоезда определяют по табл.3.2;

F=6,45 м2 – лобовая площадь тягача (см. исходные данные);

V=70 км/ч; VB=0 – скорость ветра (погода безветренная), км/ч;

mпол=24925 кг – полная масса загруженного автопоезда (тягача и прицепа), (см. исходные данные);

g=9,81м/с2– ускорение свободного падения;

Ксц= mсц/mат = 10755/14925=0,72 – коэффициент сцепного веса, определён в исходных данных по формуле (3.2.1).

Вывод. При движении автопоезда на участке спуска с уклоном -35%0 для выдерживания скорости 70 км/ч водители, очевидно, будут переходить от тягового режима к режиму служебного (не экстренного) торможения (так как коэффициент тяговой силы отрицателен);

***- по направлению движения от строительной площадки на подъём: (автопоезд незагружен):***

|  |
| --- |
|  |

где m = 7700 + 3200 = 10900 кг – собственная масса автомобиля-тягача и прицепа (без груза), то есть – собственная масса автопоезда.

6) Критический радиус кривой в плане, соответствующий 50-ти процентному риску потери устойчивости автомобиля, движущегося с расчётной скоростью, определяем по формуле (3.3):

***- при движении автопоезда к строительной площадке (на спуск)***

|  |
| --- |
|  |

где

*Vр*=70 км/ч – расчётная скорость движения автопоезда, км/ч;

*φV*=0,594 – продольная составляющая коэффициента сцепления;

*μх*= - 0,043 – коэффициент тяговой силы;

iв=0,040 – уклон виража, тысячные.

***- при движении автопоезда от строительной площадки (на подъём)***



1. Допустимое среднеквадратическое отклонение радиуса кривой в плане находим по формуле (3.3)

|  |
| --- |
|  |

где  – допуск в пределах кривой в плане на радиальное отклонение оси покрытия относительно проектного положения оси, м.

 – предельно допустимое значение радиуса кривой в плане при проектировании дорог II технической категории, м;

 параметр, представляющий собой расстояние между поперечниками (м), через которое радиальное отклонение оси дороги на кривой в плане не должно превышать допустимое отклонение () относительно проектного положения. Параметр  определяем по формуле (3.4):

|  |
| --- |
| , |

где

–  - среднее значение коэффициента *k* для скорости движения 70 км/ч (см. описание к формуле (3.4));

– коэффициент эффективности торможения определяем по формуле (3.3.2) для наиболее опасного торможения автопоезда на спуске:

;

– длину остановочного пути автопоезда на участке спуска определяем по формуле (3.3.1):

**;

Применяя формулу (3.4), получаем:

.

Тогда по формуле (3.3) устанавливаем допустимое значение среднеквадратического отклонения радиуса, как при движении на спуск, так и на подъём:

.

Примечание. Так как рабочее торможение автопоезда при движении на подъём практически не применяется, то вычисленное значение среднеквадратического отклонения устанавливают всегда по данным движения автопоезда на спуск.

1. Среднеквадратическое отклонение коэффициента тяговой силы определяют по формуле (3.5) с учётом наличия элементарных ошибок: коэффициента сопротивления качению  и продольного уклона :

- при движении автопоезда на спуск по формуле (3.5):

|  |
| --- |
| =0,00323. |

- при движении автопоезда на подъём (автопоезд не загружен: при собственной массе автопоезда 10900 кг)

 9) Среднеквадратическое отклонение критического радиуса кривой в плане устанавливают по формуле (3.8):

- при движении к стройплощадке (на спуск) сокращаем запись, учитывая что :

****

****

- при движении от стройплощадки (на подъём):

**=**

****

**=**11,3443 м.

10.) По формуле (3.9) устанавливаем риск потери устойчивости автопоезда на данной кривой в плане, как при движении к стройплощадке, так и в обратном направлении.

10.1) При движении к стройплощадке (на спуск) получаем:

|  |
| --- |
|  |

Вывод. Риск заноса загруженного автопоезда на кривой в плане радиусом 800 метров при движении со скоростью 70 км/ч на спуск стремится к нулю.

Определим требуемый (предельно допустимый) радиус кривой в плане, при котором риск потери устойчивости загруженного автопоезда при скорости движения 70 км/ч будет равен приемлемому значению .

Этот радиус вычисляем итерационным методом, в котором уменьшаем значение радиуса с 800 метров до такого значения, при котором риск заноса будет равен допустимой величине. В данном примере допустимый радиус равен 195 метрам. Покажем последнюю итерацию. При радиусе 195 метров вычисляем по формуле (3.4) параметр *d*:

.

По формуле (3.3) определяем допустимое значение среднеквадратического отклонения принятого радиуса:

.

Значение риска потери устойчивости автопоезда, движущегося на спуск со скоростью *Vр=70км/ч* по кривой в плане радиусом *Rдоп=195м*, устанавливаем по формуле (3.9):

|  |
| --- |
|  |

Вывод. При радиусе кривой в плане, равном 195 метрам, риск заноса автопоезда при движении на спуск будет незначительно меньше допустимого значения (по вине дороги будет происходить, практически, одно ДТП (один занос или опрокидывание) из 10000 случаев движения загруженных автопоездов с расчётной скоростью 70 км/ч).

10.2) При движении от стройплощадки (на подъём) при радиусе 800 метров получаем:

|  |
| --- |
|  |

Вывод. Риск заноса незагруженного автопоезда на кривой в плане радиусом 800 метров при движении на подъём со скоростью 70 км/ч стремится к нулю.

Определим требуемый (предельно допустимый) радиус кривой в плане, при котором риск потери устойчивости незагруженного автопоезда при движении на подъём со скоростью 70 км/ч будет равен приемлемому значению .

Этот радиус определяем итерационным методом, в котором уменьшаем значение радиуса с 800 метров, например до установленного выше радиуса 195 метров, и вычисляем следующие параметры:

– длину остановочного пути автопоезда на участке подъёма определяем по формуле (3.3.1):

**;

– по формуле (3.4) параметр *d*:

.

По формуле (3.3) определяем допустимое значение среднеквадратического отклонения принятого радиуса:

.

Значение риска потери устойчивости незагруженного автопоезда, движущегося на подъём со скоростью *Vр=70км/ч* по кривой в плане радиусом *Rпр=195м*, устанавливаем по формуле (3.9)

|  |
| --- |
|  |

Вывод. При радиусе кривой в плане, равном 195 метров, риск заноса незагруженного автопоезда при движении на подъём превышает допустимое значение (по вине дороги будет происходить практически три ДТП (три заноса или опрокидывания) из 10000 случаев движения незагруженных автопоездов с расчётной скоростью 70 км/ч).

При движении автопоезда на подъём, б*о*льшая часть коэффициента сцепления расходуется на силу тяги, чем при движении на спуск (в данном случае с расчётной скоростью 70 км/ч). Это приводит к уменьшению той части коэффициента сцепления, которая расходуется на удержание транспортного средства от бокового скольжения (заноса), возникающего под действием центробежной силы, действующей с внутренней стороны закругления во внешнюю сторону. Поэтому на кривой в плане риск заноса незагруженного автопоезда при движении на подъём выше, чем риск движения загруженного автопоезда при движении на спуск с той же скоростью.

Для снижения риска заноса автопоездов при движении на подъём можно незначительно увеличить радиус кривой в плане (на 3 – 4 метра), при этом риск заноса автопоездов, как при движении на подъём, так и при движении на спуск уменьшится до допустимого значения. Можно принять и другое решение: обязать водителей автопоездов при возвращении их со стройплощадки снижать скорость движения по данной кривой в плане до 65 км/ч, что тоже приведёт к снижению риска до допустимого уровня и, практически, не повлияет на продолжительность технологического процесса. Рекомендуем магистрантам проверить расчётом возможность решения этой задачи обоими методами самостоятельно.

* 1. **Техногенное загрязнение окружающей среды шумовым**

**воздействием двигателей внутреннего сгорания автомобилей**

**и техники, работающей на стройплощадке**

***2.4.1 Общие положения и статистическая обработка***

***результатов измерения уровня шума***

Производство многих видов работ в строительной отрасли сопровождается возникновением шумового воздействия, вредно действующего на окружающую среду и, в частности, 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 защиты от шума 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 строительной техники и дорожно-строительных машин 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.

В связи с эти следует учитывать, что результаты измерения распределяются по какому-либо закону теории вероятности (нормальному, Шарлье и др.).

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 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 строительной и дорожно-строительной техники. Это позволит прогнозировать снижение или увеличение уровня шумового загрязнения окружающей среды от работы, например, 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 (см. табл.3.1).

# Таблица 3.1

# Фактические уровни звука от автогрейдера

# в течение рабочей смены на строительных площадках

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № строительной площадки | Уровень звука, дБ, замеренные в течении 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 |  | 22-24-25 | 63 |

В табл. 3.2 приведена статистическая обработка уровня звука от автогрейдера при работе на строительной площадке.

Таблица 3.2

Статистическая обработка уровня шума

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Разряды интервалов | Середина разряда  *Um* | Абсолютная частота,  *hm* | Частичная уммма,  *Sm* | Накопленная частота,  *Т* | Середина условного интервала, *lm* | Произведения | | |
| *lm hm* | *lm2* | *lm2 hm* |
| 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= *XА* | 12 | 24 | 41 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 84-87 | 85,5 | 9 | 33 | 74 | 1 | 9 | 1 | 9 |
| 87-90 | 88,5= *UК* | 3 | 36 | 110 | 2 | 6 | 4 | 12 |
| *d=3* |  | *n*=36 | *M*=110 | *∑Т*=247 |  | *В*=-2 |  | *А*=48 |

Определяем среднее значение и среднеквадратическое отклонение уровня звука:

- по методу суммирования

- среднее значение:

*ДБ*;

- дисперсия:

дБ;

- среднеквадратическое отклонение: =3,5 *ДБ*.

Мультипликативный метод:

- среднее значение:

 *ДБ*;

- дисперсия:

;

- среднеквадратическое отклонение: =3,5 *ДБ*.

Сравнение эмпирического распределения с теоретическим законом распределения по критерию Пирсона представлено в табл.3.3.

Таблица 3.3

Сравнение фактического распределения звука

с законом нормального распределения

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Разряды интервалов | Абсолютная частота,  *hm* | Вероятность попадания измерений в разряд, *Pi* | Теоретическое количество измерений в разряде (*nt=Pi·n*) |  |
| <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 | *∑Pi*=0,9975 |  | ∑=2,4626 |

Вероятность *Pi* в табл. 3.3 вычисляли по формуле Симпсона:

 (3.10)

В формуле (3.10) применяли параметр *m*=2. Тогда

, (3.11)

где *b* и *a* – правая и левая граница уровня звука в разрядах интервалов (см. табл. 3.3);

y0,y1,…..,y4 – ординаты точек, определяемые по плотности нормального распределения

*b*

 (3.12) При сравнении с нормальным законом распределения также применяли формулу вида

*a*

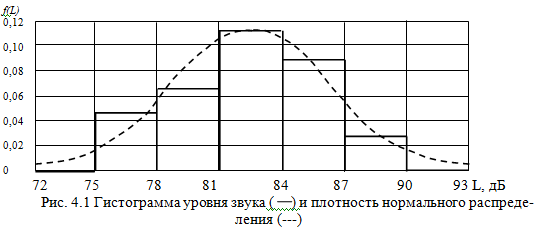
, (3.13)

где Ф(*и*) – функция Лапласа;

*Li* и *Li+1* – левая и правая граница уровня звука в разрядах (см. табл.3.3);

*Lcр* и *σL* - средний уровень звука и среднеквадратическое отклонение уровня звука.

На рис. 3.1 показано сравнение гистограммы шумового воздействия с плотностью нормального распределения.



Для теоретического распределения число степеней свободы определяли:

, (3.14)

где *k* – число разрядов (в табл.3.3 *k* = 7);

*r* – число, наложенных связей в распределении (для нормального закона распределения r = 3).

Получаем *ν* =7-3=3. Из таблиц χ2 распределения [1] при *χ2*= 2,4626 и *ν*=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÷0,5;

- удовлетворительное соответствие при *P*=0,1÷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

. (3.15)

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

Согласно этому критерию имеем

=0,73.

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

Таким образом, на примере работы на строительной площадке автогрейдера было установлено, что при исследовании вероятностной сущности звука от работы дорожно-строительной машины при ее работе на стройплощадках может быть использована теория риска, основанная на не противоречии 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.

***2.4.2. Оценка риска отрицательного шумового воздействия***

***на человека при производстве дорожных работ***

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 (*NП*), пострадавших от шумового загрязнения (например, глухота) к общему числу людей (*NО*), находящихся вблизи территории строительства и постоянно (или периодически) испытывающих шумовое воздействие от работы дорожно-строительной машины, т.е:

 (3.16)

Риск отрицательного шумового воздействия на человека от работы дорожно-строительной машины можно установить по зависимости, полученной на основе нормального закона распределения:

, (3.17)

где *r* – вероятность (риск) возникновения последствий по причине шумового загрязнения от работы дорожно-строительной машины;

 - критический уровень постоянного шума, при котором вероятность нежелательного последствия от шумового загрязнения равна 50%, дБ;

*УФ* – фактический средний уровень шума, дБ;

*σУф*– среднеквадратическое отклонение фактического уровня шума, дБ;

 - среднеквадратическое отклонение критического уровня шума, дБ;

*Ф(U)* – функция Лапласа (интеграл вероятности).

Фактический коэффициент вариации уровня шума устанавливают по зависимости

, (3.18)

а параметр  по условию

. (3.19)

Такое решение основано на том, что для одинаковых законов распределения параметры фактического и критического уровней шума должны принадлежать к одной совокупности (быть сопоставимыми).

Показатели *УФ*, и *σУф* 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. [5] 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. 3.3. Результаты расчёта по этим моделям используют в расчёте риска причинения вреда человеку по формуле (3.8).

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

По параметру  определяется степень отрицательного воздействия на человека при любом фактическом уровне шума(*УФ*) на расстоянии R от источника звуков до охраняемого объекта.

Например, если риск отрицательного шумового воздействия на человека равен 8·10-2, то это означает, что 8 человек из 100 пострадали от воздействия данного шумового загрязнения.

В табл.3.4 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 (общественного здания, жилой застройки), полученные д.т.н. Мининой Н.Н. [5].

Параметры и  устанавливают по формулам теории риска в зависимости от предельно-допустимого уровня (ПДУ) и величины коэффициента вариации фактического уровня шума (*СV* ) по формулам:

- при  ≠ 1/U

; (3.20)

- при  =1/U

=2, (3.21)

где ПДУ – предельно-допустимый уровень шума, дБ;

*σПДУ* – допустимое среднеквадратическое отклонение на ПДУ, дБ.

**2.5 О работе экспертов после реализации трёхуровневой системы технического регулирования**

В соответствии с требованиями Федерального закона «О техническом регулировании» [1], как уже было сказано, 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, как и во всей строительной индустрии, 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 строительной 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 и строительными организациями только 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), а только имитируют эту деятельность. Примерно так же Министерство строительства РФ не спешит перевести строительную отрасль на оценку соответствия по риску причинения вреда пользователям (населению) процессов изыскания, проектирования и строительства гражданских и промышленных зданий и сооружений.

Именно отказ от оценок риска в создаваемых сейчас технических регламентах приводит экспертов, рассматривающих проекты автомобильных дорог, к решениям, не пропускающим инновационные разработки, ссылаясь на то, что в технических регламентах и действующих нормативных документах отсутствуют предлагаемые нововведения (рис.2.5.1,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.2.5.1,б).

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 применять в проектировании и строительстве, не смотря 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 этого 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» и тогда 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.** **2.5**.**1,б)**.

*Соответствие проектного решения типовым решениям (требованиям национального стандарта)*

Эксперт: *проверка соответствия проектного решения требованиям национального стандарта (включая соответствие типовым решениям)*

нет

да

Технический регламент, *не* *содержащий форм и схем соответствия по величине допустимого риска проектируемых и находящихся в эксплуатации объектов технического регулирования (****ТР*** *без оценки и снижения величины проектного или фактического риска причинения вреда пользователям)*

Разработчик проекта

Стандарт организации,

*основанный на нормах национального стандарта*

Положительное заключение о соответствии проектного решения требованиям национального стандарта

Положительное заключение о соответствии инновационного решения требованиям технического регламента

Технический регламент, *содержащий в формах и схемах соответствия требования к объектам технического регулирования с оценкой и снижением величины проектного риска до допустимого значения (rдоп)*

Разработчик проекта

Стандарт организации, *основанный на* ***инновационных*** *решениях, с вычислением риска (rиннов ) причинения вреда пользователям по формам и схемам соответствия технического регламента*

*rиннов* ≤ *rдоп*

нет

да

Эксперт: *проверка соответствия риска инновационного решения допустимому риску причинения вреда пользователям и окружающей среде по формам и схемам соответствия технического регламента*

*rиннов* ≤ *rдоп*

да

нет

Применение национального стандарта *на добровольной основе, типовые решения которого должны соответствовать величине допустимого риска (применение нормативных требований и типовых решений по схеме* ***а*** *без первого блока в этой схеме)*

а) б)

Рис. 2.5.1,а,б. 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)

В противном случае, когда любое ноу-хау, как бы оно не 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. Смею предположить, что таких проектов во всех отраслях будет в первое время 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 – это значит ни чего не понимать в техническом регулировании или перестраховываться за счёт торможения уровня технического прогресса и противореча действующему Закону «О техническом регулировании».

Чтобы понять: что утрачено, а что приобретено, надо понять процессы, протекающие в последнее 15-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 расширение 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, что бы 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, ни каких 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 попробуем 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. Запрещает 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 находиться 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. 4.1 и табл. 4.2).

Существующие автомобильные дороги строились в зависимости от периода эксплуатации по разным нормативам: техническим условиям Гушосдора (1939 – 1954гг); НиТУ 128-55 (1955 – 62); СНиП II-Д. 5-62 (1963 – 73); СНиП II-Д. 5-72 (1974 – 86); СНиП 2. 04. 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. 4.1;

- при строительстве новых автомобильных дорог и при реконструкции существующих дорог значение допустимого риска, установленного для проектирования дорог (см. табл. 4.1), 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. 4.2;

- представить в техническом регламенте математические модели форм и схем соответствия рисков причинения вреда пользователям автомобильных дорог, допустимым рискам возникновения ДТП (см. табл. 4.1 и табл. 4.2). 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 дорогах;

- 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 (табл. 4.2);

Таблица 4.1

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 | 1·10-4 | 1·10-4 |
| Суммарное значение допустимого риска | 8·10-4 | 8·10-4 |

Таблица 4.2

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 | 5·10-4 | 1·10-4 |
| Суммарное значение допустимого риска | 1·10-3 | 8·10-4 |

- 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. 3.2. В результате частичной реконструкции опасного участка автомобильной дороги должно быть обеспечено снижение риска возникновения ДТП до допустимого риска, представленного в табл. 4.1.

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 как 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 движении их 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 погодно-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 нежёсткого 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 не преодоления 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.

**Деятельность Минтранса РФ по техническому регулированию**

**в строительстве:**

* подтверждение пригодности для применения в строительстве новой продукции и технологий, требования к которым не регламентированы нормативными документами полностью или частично и от которых зависят безопасность и надежность зданий и сооружений;
* разработку в случаях, предусмотренных статьей 7 Федерального закона от 27 декабря 2002 г. № 184 «О техническом регулировании», проектов правил и методов исследований (испытаний) и измерений, в том числе правил отбора образцов, необходимых для применения и исполнения принятого технического регламента и осуществления оценки соответствия;
* определение подведомственного федерального государственного учреждения, уполномоченного на организацию и проведение работ по подтверждению пригодности новых материалов, изделий, конструкций и технологий для применения в строительстве.

**САМОРЕГУЛИРОВАНИЕ В СФЕРЕ СТРОИТЕЛЬСТВА**

В соответствии с федеральным законодательством с 1 января 2010 г. прекращено лицензирование деятельности в области инженерных изысканий, проектирования и строительства.

Согласно части 1 статьи 54.8 Градостроительного кодекса Российской Федерации с 1 июля 2017 года индивидуальный предприниматель или юридическое лицо имеет право выполнять инженерные изыскания, осуществлять подготовку проектной документации, строительство, реконструкцию, капитальный ремонт объектов капитального строительства по договору подряда на выполнение инженерных изысканий, подготовку проектной документации, по договору строительного подряда, заключенным с застройщиком, техническим заказчиком, лицом, ответственным за эксплуатацию здания, сооружения, или региональным оператором, при условии, что такой индивидуальный предприниматель или такое юридическое лицо является членом соответственно саморегулируемой организации в области инженерных изысканий, архитектурно-строительного проектирования, строительства, реконструкции, капитального ремонта объектов капитального строительства, если иное не установлено Градостроительным кодексом Российской Федерации.

Застройщик имеет право выполнять инженерные изыскания, осуществлять подготовку проектной документации, строительство, реконструкцию, капитальный ремонт объектов капитального строительства самостоятельно при условии, что такое лицо является членом соответствующей саморегулируемой организации, за исключением случая, предусмотренного пунктом 5 части 2.2 статьи 52 Градостроительного кодекса Российской Федерации.

Выполнение инженерных изысканий, работ по подготовке проектной документации, строительству, реконструкции, капитальному ремонту объектов капитального строительства по таким договорам обеспечивается специалистами по организации инженерных изысканий (главными инженерами проектов), специалистами по организации архитектурно-строительного проектирования (главными инженерами проектов, главными архитекторами проектов), специалистами по организации строительства (главными инженерами проектов) соответственно.

Деятельность саморегулируемых организаций регламентирована Федеральным законом от 1 декабря 2007 г. № 315-ФЗ «О саморегулируемых организациях» и главой 6.1. Градостроительного кодекса Российской Федерации.

Саморегулируемая организация является членом соответствующего Национального объединения саморегулируемых организаций со дня внесения сведений о такой организации в государственный реестр саморегулируемых организаций.