

Федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение  
высшего образования  
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
Инженерно-строительный институт  
Кафедра «Автомобильные дороги и городские сооружения»

УТВЕРЖДАЮ  
Заведующий кафедрой  
В.В. Серватинский  
« 21 » 06 2017 г.

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА**

**08.03.01 «Строительство»**  
**08.03.01.00.15 «Автомобильные дороги»**

Ремонт особо-сложных участков автомобильной дороги «Дудинка – Алыкель»  
в I дорожно-климатической зоне

Руководитель

  
подпись, дата

  
должность, ученая степень

В.В. Серватинский  
инициалы, фамилия

Выпускник

  
подпись, дата

А.Б. Тронин  
инициалы, фамилия

Красноярск 2017

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	4
1 Экономическое значение дороги А-382.....	5
2 Природно-климатические характеристики района производства дорожно-строительных работ.....	7
2.1 Климат.....	7
2.2 Рельеф.....	10
2.3 Ландшафты.....	10
2.4 Почвы.....	10
3 Процессы, протекающие на участке 0 – 6 км автодороги А-382.....	11
3.1 Нарушение температурного режима многолетнемерзлых грунтов.....	11
3.2 Причины развития деформаций земляного полотна.....	13
3.3 Деформации дороги А-382 «Подъезд к аэропорту от г. Дудинка».....	15
4 Обоснование температурной устойчивости насыпи земляного полотна.....	17
5 Конструктивные и технологические решения по стабилизации де- формаций.....	20
5.1 Анализ проектных решений по ремонту.....	20
5.2 Гидроизоляция насыпи от инфильтрации.....	20
5.3 Исправление продольного профиля подошвы насыпи.....	22
5.4 Ремонт дороги у водопропускных труб.....	22
5.5 Уменьшение морозобойности дорожной одежды.....	23
6 Участки дороги «Дудинка – Алыкель» с характерными деформациями и их ремонт.....	25
6.1 Обводненный участок с ПК51+36 по ПК51+92.....	25
6.2 Незатухающая термопросадка на участке с водопропускной трубой на ПК54+73.....	27
7 Охрана труда.....	29
7.1 Строительство асфальтобетонных и черных покрытий и оснований.....	29
7.2 Строительство и ремонт мостов, труб, зданий и сооружений.....	31

8 Охрана окружающей среды.....	33
8.1 Укладка дорожных одежд.....	33
8.2 Искусственные сооружения.....	35
Заключение.....	38
Приложение А.....	39

## ВВЕДЕНИЕ

За всю историю освоения территорий крайнего севера и Дальнего Востока накоплено немало знаний и решений проблем строительства и проектирования автомобильных дорог на многолетнемерзлых грунтах. Но, не смотря на это, на таких дорогах снова и снова появляются дефекты и деформации, нарушающие её нормальную работу.

В результате многолетних исследований особенностей водно-теплового (мерзлотного) режима земляного полотна и естественного основания (1962-1977 гг) были разработаны основные принципы проектирования автомобильных дорог в районах распространения многолетнемерзлых грунтов которые применяют и в настоящее время.

Первый – сохранение вечномерзлых грунтов в основании земляного полотна в течение всего периода эксплуатации дороги;

Второй – частичное оттаивание мерзлых грунтов основания на величину, определяемую расчетом;

Третий – оттаивание вечномерзлых грунтов до начала строительства дороги и осушение придорожной полосы.

В данной выпускной квалификационной работе изучены и описаны процессы, протекающие на дорогах в зоне вечной мерзлоты. Произведен анализ проектных решений и предложены действенные методы стабилизации основания дорог в зоне распространения многолетнемерзлых грунтов на примере участка дороги с КМ0+000 по КМ6+000 федеральной автомобильной дороги А-382 «Подъезд к аэропорту от г. Дудинка».

## 1 Экономическое значение дороги А-382

В Российской Федерации за Северным полярным кругом есть только две дороги федерального значения: это трасса Р-21 «Кола» в Мурманской области (участок от Кандалакши до границы с Норвегией) и трасса А-382 «Подъезд к аэропорту от города Дудинка» в Красноярском крае.

Несмотря на не самый интенсивный трафик на этих трассах, представить жизнь многих тысяч граждан без них достаточно сложно. Например, альтернативной дороги до города Дудинка, где проживает почти 22 тысячи человек, нет. Строительство дорог велось в сложных климатических условиях, а у строителей еще не было такой современной техники, которая есть у дорожников сегодня. Не менее сложным является и содержание этих трасс в северном климате нашей страны, зачастую дорожникам приходится бороться со стихией.

На самой северной дороге Красноярского края А-382 «Подъезд к аэропорту «Алыкель» от города Дудинка» среднесуточная интенсивность составляет порядка 1000-1300 автомобилей. В пиковое время — конец или начало речной навигации, интенсивность доходит до 5 тысяч автомобилей в сутки. От аэропорта «Алыкель» всего существует две дороги: федеральная до Дудинки и муниципальная — Алыкель - Норильск.

Одной из основных проблем северной дороги А-382 является просадка грунта и как следствие — деформация земляного полотна, дорожной одежды и водоотвода. Проведение ремонтных работ осложняется еще и тем, что Таймырский район изолирован от основной транспортной сети и удален от зоны сплошного хозяйственного освоения, и все необходимые материалы и механизмы для проведения работ доставляются только с помощью речной навигации по реке Енисей через порт «Дудинка», что существенно увеличивает стоимость дорожных работ.

Несмотря на все сложности связанные с содержанием автодороги, переоценить ее экономическое значение сложно. Дорога А-382 связывает г. Дудинка и Дудинский морской порт, имеющий огромное значение для снабжения Но-

рильского промышленного района всем необходимым, со вторым крупнейшим транспортным узлом НПР – аэропортом «Алыкель». Пассажиропоток на маршруте Дудинка – Алыкель в полном объеме сосредоточен на автомобильной дороге по причине отсутствия пассажирского железнодорожного сообщения, других видов транспорта на данном направлении.

## **2 Природно-климатические характеристики района производства дорожно-строительных работ**

### **2.1 Климат**

Климатическая характеристика района производства дорожно-строительных работ приводится по данным метеорологической станции г. Дудинка и из СП131.13330.2012 «Строительная климатология. Актуализированная версия СНиП 23-01-99\*». Дорожно-климатическая зона – I, подзона –1. Город Дудинка расположен за Северным полярным кругом, что большей частью определяет его субарктический климат. Зима долгая и очень суровая длится с середины октября по май и в среднем составляет 250 дней. Отрицательные температуры могут достигать значений в  $-50^{\circ}\text{C}$ . Самыми холодными месяцами являются январь и февраль. Средняя температура в этот период не поднимается выше отметок в  $-22^{\circ}\text{C}$ . Весна, лето и осень очень короткие. Теплый период в Дудинке длится всего 4 месяца, но при этом средняя температура июля  $+14^{\circ}\text{C}$ . В среднем за год выпадает 450 мм. осадков, при этом большая часть из них в теплый период года. Ветра в теплый период преимущественно северного направления, а зимой юго-восточного. Климатическая характеристика района приведена в таблицах 1-4, розы ветров и дорожный климатический график представлены на рисунке 1 и рисунке 2 соответственно.

Таблица 1 – Ведомость климатических показателей

№ п/п	Наименование показателя	Ед. изм.	Величина
1	Абсолютная температура воздуха -минимальная -максимальная	°С	-57
			+32
2	Средняя температура наружного воздуха холодной пятидневки 0,98 0,92	°С	-47
			-46
3	Преобладающее направление ветра: декабрь-февраль июнь-август	–	Ю
			С
4	Максимальное из средних скоростей ветра по румбам за январь	м/с	6,7
5	Минимальное из средних скоростей ветра по румбам за июль	м/с	3,6
6	Среднемесячная относительная влажность воздуха: -наиболее холодного месяца -наиболее жаркого месяца	%	74
			70
7	Количество осадков за : -ноябрь-март -апрель-октябрь	мм	202
			304
8	Расчётная толщина снежного покрова обеспеченностью 5%.	м	0,5
9	Глубина оттаивания	м	-2,7

Таблица 2 – Среднемесячная температура воздуха

Месяц	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Температура °С	-28,2	-27,3	-21,9	-15,3	-5,6	5,8	13,7	10,9	3,8	-8,5	-20,6	-24,9

Таблица 3 – Повторяемость и скорость ветра за январь

Направление	С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ
Повторяемость, %	3	3	21	35	23	6	3	6
Скорость, м/с	4,6	4,4	4,2	6,3	7,7	5,8	4,7	4,5

Таблица 4 – Повторяемость и скорость ветра за июль

Направление	С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ
Повторяемость, %	21	21	14	9	8	7	8	12
Скорость, м/с.	7	7,1	4	4,2	4,9	5,7	5,8	5,6

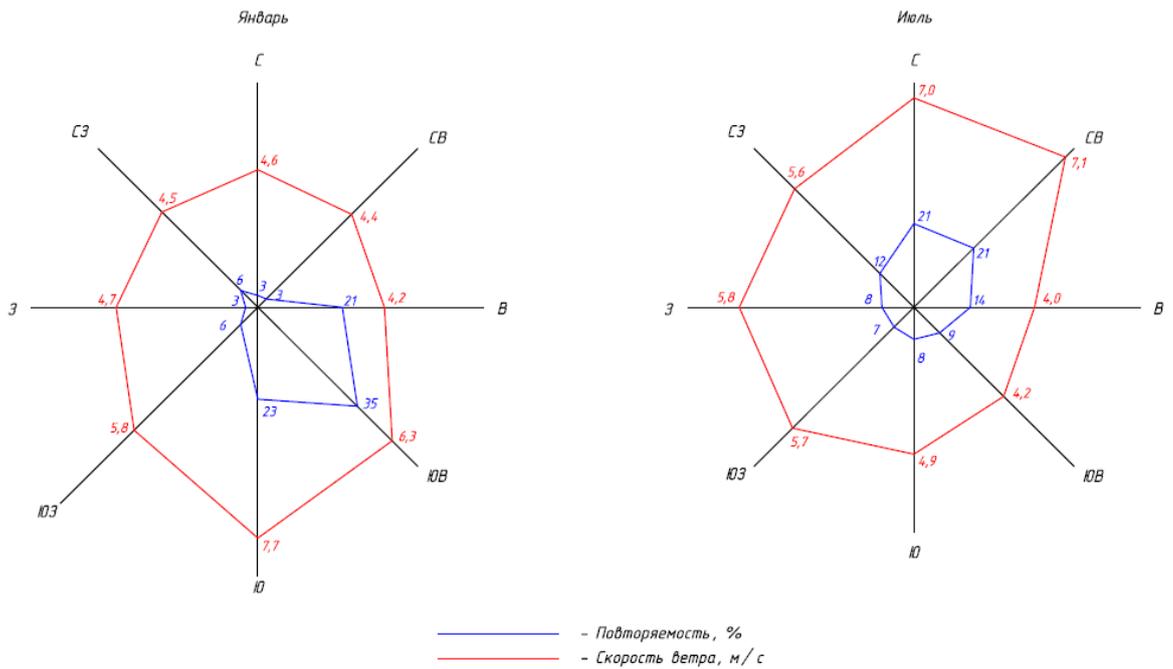


Рисунок 1 – График распределения скоростей и интенсивности ветра по румбам

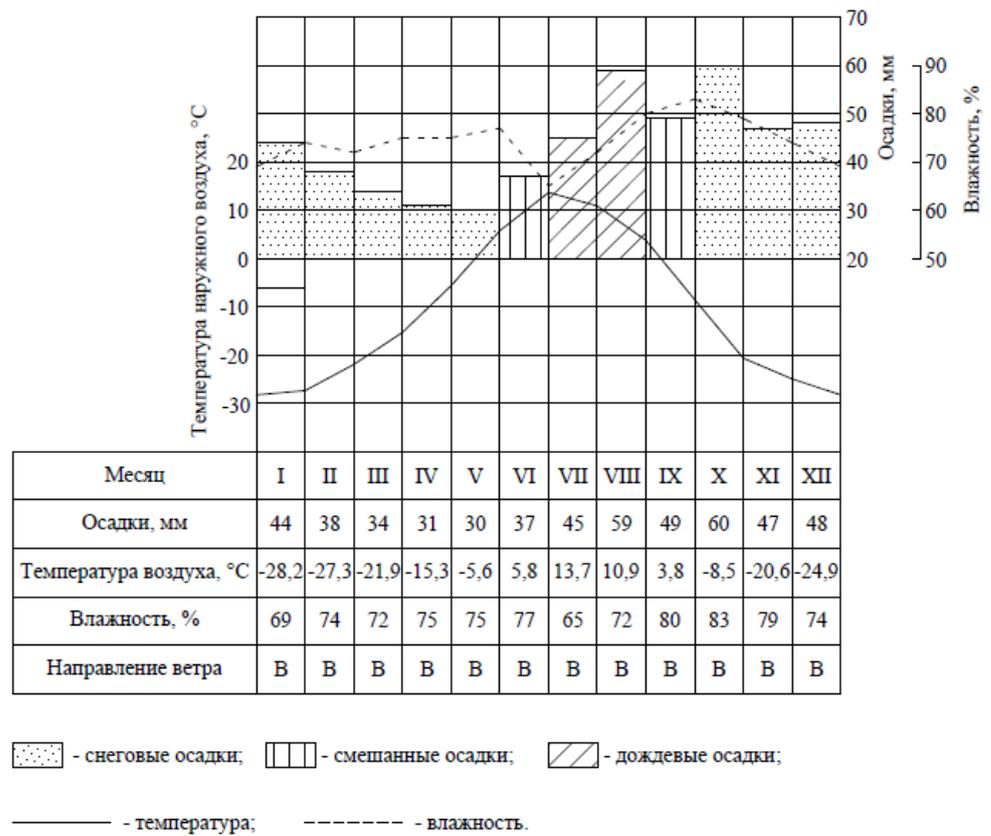


Рисунок 2 – Дорожный климатический график

## **2.2 Рельеф**

Рельеф в окрестностях г. Дудинка по дороге Дудинка – Алыкель в целом холмисто-грядовой и холмисто-увалистый с обширными аллювиальными депрессиями и плоскими аккумулятивными равнинами. Вся низменность пересечена субширотной системой моренных гряд с абсолютными высотами 150-250 м, их выделяется до 10. Понижения между холмами заняты слабоврезанными широкими речными долинами, многочисленными озерами и сильно заболочены. Многие из озерных котловин имеют термокарстовое происхождения. Развитая сеть мелких водотоков разноориентирована, что свидетельствует об отсутствии господствующих уклонов местности, predetermined тектоническими условиями.

## **2.3 Ландшафты**

Территория находится в растительных зоне лесотундры. Существование мощного монолитного слоя мерзлых пород оказывает существенное воздействие на ландшафты и современные физико-геологические процессы, обуславливая своеобразные условия почвообразования, развития растительного покрова и животного мира, появление специфических форм рельефа, ряда особенностей в строении и режиме гидрографической сети.

Лесотундра представляет собой переходную зону между тундрой и северной тайгой. По сравнению с южными тундрами основное отличие лесотундры - наличие редин и редколесий на водоразделах.

## **2.4 Почвы**

Особенностью почвенного покрова является наличие хотя бы слабовыраженного подзолистого процесса, связанного с древесной растительностью. Почвы подзолистого ряда (подзолистые гумусово-аллювиальные, глееподзолистые и др.) обычны под участками редколесий, в северной части они встречаются на небольших площадях, в южной - довольно распространены. На участках с тундровой растительностью развиваются тундровые глеевые почвы -

типичные, перегнойные, торфянистые. По сравнению с тундровой зоной она обладают более развитым профилем, то же можно сказать и о болотных почвах слабо дренированных участков.

### **3 Процессы, протекающие на участке 0 – 6 км автодороги А-382**

#### **3.1 Нарушение температурного режима многолетнемерзлых грунтов**

Техногенное воздействие на природные ландшафты приводит к изменению уровня теплообмена земной поверхности с атмосферой, изменению глубины сезонных теплооборотов. Это в свою очередь вносит изменения в температурный режим грунтов и зачастую в глубины их промерзания и оттаивания. Строительство автомобильных дорог оказывает наиболее ощутимое воздействие на эти изменения. При этом зачастую они не завершаются в течение одного цикла промерзания – оттаивания, а происходят от 3–4, до нескольких десятков лет.

Смена уровня теплообмена, вызванная техногенными воздействиями, сопровождается во влажных грунтах развитием деформаций земной поверхности. Многолетние деформации носят однонаправленный характер. Они зачастую продолжаются весь период смены уровня теплообмена, вызванной нарушением природной обстановки. Деформации происходят за счет снижения или дополнительного притока солнечной энергии на земную поверхность с нарушенным природным ландшафтом. Дополнительная солнечная энергия затрачивается на деформирование, изменение влажности и структуры грунтов. Очищенная от снега земная поверхность быстрее излучает, отдает тепловую энергию в космическое пространство, что так же изменяет физическое состояние грунтов.

Автомобильная дорога А-382 «Подъезд к аэропорту от г. Дудинка» была построена в 1975 – 1978 гг. по нормам проектирования ВСН 84-75 «Инструкция по изысканию, проектированию и строительству автомобильных дорог в районах вечной мерзлоты» по I принципу проектирования. Следует отметить тот факт, что принципы проектирования заложенные еще в 1962 году не претерпели изменений и используются до сих пор. Проектирование по I принципу предусматривает устройство земляного полотна на ненарушенном мохоторфовом слое для сохранения многолетнемерзлых грунтов в основании земляного полотна в течении всего периода эксплуатации дороги.

В природной обстановке пылеватые сильно льдистые глинистые грунты под слоями мха и торфа находятся круглый год в мерзлом состоянии. Насыпь отсыпана из скальных грунтов горных отвалов в зимние периоды на ненарушенные моховой и торфяной покровы. Высота насыпи назначена по теплотехническому расчету. В период эксплуатации покрытие дороги переходного типа было заменено на капитальный тип – асфальтобетонное. Дорога на протяжении всего периода эксплуатации подвергается термпросадочным, осадочным деформациям. Деформации не только не затухают, но приобретают все большие размеры во времени. Глубина оттаивания грунтов основания насыпи сильно изменяется на коротких отрезках пути. Величина глубины оттаивания фиксируется от 2,5 до 10 м, хотя по проектному прогнозу ее быть не должно. Службе содержания приходится постоянно ликвидировать последствия этих деформаций, однако не удается обеспечить нормальные условия движения автотранспорта.

### **3.2 Причины развития деформаций земляного полотна**

Во время экспериментального строительства дороги Ургал – Известковая (Хабаровский край) строительство которой велось в пятидесятых годах, на участках, где слой мха и торфа был сохранен, после первого года эксплуатации земляное полотно подверглось деформациям в гораздо меньшей степени, чем на участках со снятым перед отсыпкой земляного полотна почвенно-растительным слоем.

Практика эксплуатации дорог в районах вечной мерзлоты, построенных по первому принципу, показывает, что возведение насыпи на ненарушенном почвенно-растительном слое не является гарантом стабильности грунтов основания и сохранения горизонта вечной мерзлоты на одном уровне. Подтверждение этому находятся на многих дорогах Республики Саха (Якутия), Магаданской области, на Таймыре и севере Республики Бурятия, построенных по принципу сохранения грунта в мерзлом состоянии путем сохранения слоя мха и торфа в ненарушенном состоянии.

Причины развития деформаций кроются в необъективном представлении о роли мха и торфа в теплоизоляции мерзлых грунтов основания насыпи. Мох в условиях северных территорий играет роль природного теплоизолирующего материала. Слой мха собирает на себе влагу в виде росы в сумеречное время, а в жаркое дневное время эта влага испаряется, затрачивая большую часть солнечной энергии пришедшей к поверхности. В результате оставшейся солнечной энергии хватает лишь на незначительное нагревание льдистого грунта. В свою очередь дождевая влага просачивается через мох в торф большая часть которой переходит в твердое состояние. Льдистость торфа в может достигать 2000%.

После строительства дороги, мох под насыпью перестает выполнять роль теплоизолятора. В основании насыпи начинает медленно оттаивать льдистый торф. Объяснить этот процесс можно путем сравнения количества теплоты, необходимого для нагревания минерального грунта на один Кельвин (формула 1) и для фазового перехода воды из твердого агрегатного состояния в жидкое одинакового объема (формула 2).

$$Q_1 = c_1 m_1 \Delta T, \quad (1)$$

где  $Q_1$  – количество теплоты, необходимое на нагревание грунта насыпи объемом один литр на один Кельвин;

$c_1$  – удельная теплоемкость грунта, для скальных грунтов насыпи принимаем равной 900 Дж/кг·К;

$m_1$  – масса одного литра грунта насыпи, принимаем равной 3,1 кг, т.к. плотность скального грунта насыпи равна 3100 кг/м<sup>3</sup>;

$\Delta T$  – величина изменения температуры, равна 1К.

Расчет  $Q_1$  выполнен с использованием [16,таблица 9.20]

$$Q_1 = 900 \cdot 3,1 \cdot 1 = 2790 \text{ Дж}$$

$$Q_2 = \lambda m_2, \quad (2)$$

где  $Q_2$  – количество теплоты, необходимое на разрушение кристаллической решетки одного литра льда;

$\lambda$  – удельная теплота плавления льда, принимается равной  $3,4 \cdot 10^5$  Дж/кг;

$m_2$  – масса одного литра льда, принимается равной 0,9167 кг (плотность льда при  $0^\circ\text{C}$  равна  $916,7$  кг/м<sup>3</sup>).

$$Q_2 = 3,4 \cdot 10^5 \cdot 0,9167 = 311678 \text{ Дж}$$

$$Q_2 / Q_1 = 111,71$$

Из этих несложных расчетов можно сделать вывод, что на нагревание грунта насыпи необходимо почти в 112 раз меньше тепла, чем на оттаивание льда под этой самой насыпью. За один летний сезон в сильнольдистое торфяное основание поступает небольшое количество теплоты, которого хватает на оттаивание лишь незначительной части льдистого торфа. При этом оттаявшая часть практически полностью перестает участвовать в теплозащите нижележащего слоя в следующий летний сезон. А, следовательно, оттаивание продолжается, и теплоизоляционная функция торфяного слоя снижается. По мере оттаивания в уплотняющееся торфяное основание, как правило, просачивается, прогретая в грунтах насыпи инфильтрационная вода.

Обводнение основания земляного полотна приводит к нарастанию деформаций дороги, которые принимают незатухающий характер.

Из всего вышесказанного можно сделать вывод о том, что строительство автомобильных дорог на ненарушенном слое мха и торфа целесообразно только для дорог, предназначенных для временного использования. Срок службы таких дорог должен быть менее срока полного оттаивания и уплотнения слоя торфа. Для капитальных дорог, необходимы иные рекомендации, основывающиеся на прогнозе и сокращении времени стабилизации земляного полотна.

### **3.3 Деформации дороги А-382 «Подъезд к аэропорту от г. Дудинка»**

Последствия процессов, описанных в п. 3.2 хорошо прослеживаются на автомобильной дороге А-382 в виде неравномерных просадок земляного полотна, оплывов откосов и проломов в дорожной одежде.

В таблице А.1 (Приложение А) представлена ведомость дефектов и деформаций участка 0 – 6 км автомобильной дороги «Подъезд к аэропорту от г. Дудинка» возникших по причине нарушения температурного режима многолетнемерзлых грунтов основания насыпи. Источник: ведомость дефектов составленная группой Янчук, Алмакаевой ФКУ «Байкалуправтодор».

#### 4 Обоснование температурной устойчивости насыпи земляного полотна

Первая Северная подзона, является особенно неблагоприятной для дорожного строительства. Там широко распространены тундровые, переувлажненные, глинистые, тонкодисперсные грунты с наличием жильных и погребенных льдов, близко залегающих к поверхности земли. В таких условиях необходимо строить и проектировать дороги по принципам сохранения естественного режима местности, используя как правило первый принцип проектирования и строительства дорог, предусматривающий поднятие верхнего слоя многолетнемерзлых грунтов в насыпь и сохранение их в мерзлом состоянии в течении всего периода эксплуатации дороги. Следует широко использовать различные естественные (кустарник, торф, мох, дерево) и искусственные теплоизоляционные материалы (пенопласты, НСМ, ТСМ и др.) При проектировании и строительстве автомобильных дорог высота насыпи должна быть назначена такой высоты, чтобы не было оттаивания грунтов в её основании, то есть  $H_{от} = 0$ .

Это достигается путем сохранения условия 3, при котором отрицательная среднегодовая температура в основании насыпи ( $t_{ср.год}^{осн}$ ) будет ниже температуры замерзания грунта ( $\theta_{зг}$ ) – условие для первого принципа сохранения мерзлоты:

$$t_{ср.год}^{осн} < \theta_{зг} \quad (3)$$

Сохранение грунтов в замерзшем состоянии подразумевает безосажденность основания земляного полотна ( $S = 0$ ), что является исходным условием при теплотехническом расчете оптимальной высоты насыпи.

Оптимальную высоту насыпи рассчитывают по формуле 4.

$$H_{оп} = \left( H_H - \frac{S \cdot H_H}{H_T} \cdot \left( \frac{1}{\delta} - 1 \right) - S \right) \cdot K_{ал}, \quad (4)$$

где,  $H_H$  – глубина сезонного оттаивания конструкции насыпи, м (в конструкцию насыпи включается, кроме тела насыпи слои дорожной одежды);

$H_T$  – глубина сезонного оттаивания грунтов основания насыпи (до сооружения насыпи), м;

$\delta$  – относительное сжатие грунтов основания при оттаивании под нагрузкой;

$S$  – расчетная осадка насыпи, см;

$K_{ал}$  – коэффициент поправки на альbedo покрытия.

Так как осадка основания насыпи для дорог, проектируемых по первому принципу недопустима, оптимальная высота насыпи определится по формуле 5.

$$H_{оп} = H_H \cdot K_{ал} \quad (5)$$

Параметр  $H_H$  – глубина сезонного оттаивания конструкции насыпи, м, определяется методом эквивалентных слоев.

$$H_H = H_{сл.н} + h_1 \cdot \left(1 - \frac{H_{сл.н}}{H_{сл.1}}\right) + h_2 \cdot \left(1 - \frac{H_{сл.н}}{H_{сл.2}}\right) + \dots + h_{n-1} \cdot \left(1 - \frac{H_{сл.н}}{H_{сл.(n-1)}}\right), \quad (6)$$

где,  $H_{сл.1}, H_{сл.2}, \dots, H_{сл.н}$  – глубины оттаивания первого, второго ...  $n$ -ного слоев конструкции дорожной одежды (первым слоем считается верхний слой конструкции дорожной одежды), м;

$h_1, h_2, \dots, h_n$  – толщина первого, второго ...  $n$ -ного слоев конструкции дорожной одежды, м.

$$H_{сл} = k_w \cdot k_n \cdot H_k, \quad (7)$$

где,  $k_w$  – поправка на влажность;

$k_n$  – коэффициент учитывающий интенсивность оттаивания дорожно-строительных материалов;

$H_k$  – глубина сезонного протаивания грунтов основания, м;

$n$  – количество слоев в конструкции дорожной одежды.

Для дороги Дудинка – Алыкель оптимальная высота насыпи равна:

$$H_{оп} = H_H \cdot K_{ал} = 2,48 \cdot 1,1 = 2,73 \text{ м}$$

$$H_H = H_{\text{сл.щ}} + h_{\text{а/б}} \cdot \left(1 - \frac{H_{\text{сл.щ}}}{H_{\text{сл.а}}}\right) = 2,47 + 0,16 \cdot \left(1 - \frac{2,47}{2,57}\right) = 2,48 \text{ м}$$

$$H_{\text{сл.а/б}} = k_{\text{w.а/б}} \cdot k_{\text{п.а/б}} \cdot H_K = 1,1 \cdot 1,3 \cdot 1,8 = 2,57 \text{ м}$$

$$H_{\text{сл.щ}} = k_{\text{w.щ}} \cdot k_{\text{п.щ}} \cdot H_K = 1,1 \cdot 1,25 \cdot 1,8 = 2,47 \text{ м}$$

Стоит отметить, что в настоящее время существуют материалы, которые способны обеспечить сохранение грунтов основания в мерзлом состоянии при меньшей высоте насыпи. Одним из таких материалов является экструдированный пенополистирол (Стайрофом, Пеноплекс Технониколь и др.). Толщину слоя из таких материалов назначают по теплотехническому расчету (формула 8).

$$t_w = R_w \cdot \lambda, \tag{8}$$

где,  $R_w$  – термическое сопротивление теплоизоляции,  $\text{м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$ ;

$\lambda$  – коэффициент теплопроводности геопенопласта,  $\text{Вт}/(\text{м} \cdot \text{°C})$ .

## **5 Конструктивные и технологические решения по стабилизации деформаций**

### **5.1 Анализ проектных решений по ремонту**

Ремонт автомобильной дороги в природно-климатических и геокриологических условиях Норильского промышленного района обусловлен нецелесообразностью применения типовых проектных решений по ремонту для дорог общего пользования. Просадки дорожного покрытия на дорогах в зоне распространения многолетнемерзлых грунтов возникают из-за изменений в основании дороги, а не в насыпи или конструкции дорожной одежды, как это часто происходит на дорогах климатических зон с сезонным промерзанием грунтов. Поэтому ремонт земляного полотна или дорожной одежды даст только краткосрочный результат. Необходима разработка таких решений по ремонту, в результате которых можно было бы добиться стабилизации земляного полотна, прекращения понижения уровня вечной мерзлоты и обводнения участков дороги.

### **5.2 Гидроизоляция насыпи от инфильтрации**

При ремонте участков с просадками, необходимо обеспечить изоляцию насыпи от инфильтрации воды, как с верха земляного полотна, так и с откосной части. Выполнение этого условия является основным для стабилизации грунтов основания. Особое внимание стоит уделить участкам с образовавшимися термокарстовыми озерами в непосредственной близости от подошвы насыпи. При этом гидроизоляцию от воды, поднимающейся из основания в насыпь устраивать не нужно. Такое решение позволит достичь заиливания некоторого слоя насыпи, а, следовательно, позволит увеличить теплозащитные свойства грунтов насыпи.

Для гидроизоляции целесообразно использовать геосинтетические материалы, а именно, геомембраны.

Геомембраны – это герметический элемент из полимерного материала, используемый для регулирования поверхностных и подземных вод и защиты от



### **5.3 Исправление продольного профиля подошвы насыпи**

Для стабилизации основания земляного полотна необходимо обеспечить отвод поверхностной воды. Устройство кюветов невозможно, так как нарушится теплозащита грунта у подошвы насыпи. Положение об использовании безрезервных поперечных профилей для возведения насыпей по первому принципу отражено в нормах ВСН 84-89 п.3.37. Нормальный водосток можно обеспечить путем исправления поперечного профиля дороги в местах пересечения мочажин созданием отжимных берм и уполаживанием откоса насыпи. Сооружение таких берм позволит избежать застоя воды в небольших ложках и мочажинах, обеспечит ее транспортировку к водопропускному сооружению.

Берма дорожной насыпи, располагается на поперечном уклоне местности, непосредственно примыкая к верховому откосу насыпи. Выполняется из фракционного скального грунта. Нижняя часть бермы выполняется из недренирующего грунта, который работает как противодиффузионный экран, при этом верхняя подошва бермы повышает максимальный уровень поверхностного продольного водного потока в месте подошвы верхового откоса насыпи.

### **5.4 Ремонт дороги у водопропускных труб**

Для стабилизации грунтов основания в местах с водопропускными трубами также необходимо обеспечить гидроизоляцию насыпи, уменьшить тепловое влияние сооружения на основание и не допустить инфильтрацию воды под трубу.

Нормы ВСН 84-89 позволяют использовать в районах распространения вечномерзлых грунтов как фундаментные, так и безфундаментные водопропускные трубы. Применение фундаментных конструкций непременно приведет к нарушению водно-теплового баланса в грунтах основания сооружения из-за нарушения мохо-торфяного слоя. Возникновения всевозможных деформаций можно избежать только в случае использования безфундаментных конструкций в виде металлических гофрированных труб, уложенных на слой теплоизолирующего материала.

Для стабилизации просадок на участках с фундаментными трубами необходима их замена на безфундаментные.

При замене труб, новые необходимо устраивать «подвешенными» в насыпи. При перестройке водопропускной трубы самым главным условием является обеспечение гидроизоляции основания и исключением теплового воздействия трубы на основание насыпи. Использование матрасов Рено уложенных на геотекстильный материал позволит исключить попадание воды из временных водотоков под трубу. Тепловое воздействие от воды, протекающей по лотку водопропускного сооружения можно предотвратить используя в основании трубы слой теплоизоляционного материала из экструдированного пенополистирола.

### **5.5 Уменьшение морозобойности дорожной одежды**

Асфальтобетон – это один из лучших материалов для устройства покрытий автомобильных дорог, он достаточно прочный, сравнительно недорогой и технологичный. Но как конструкционный материал асфальтобетон имеет ряд трудноустраняемых традиционными методами недостатков. Основным недостатком асфальтобетона как конструкционного материала для покрытия автомобильных дорог в районах распространения многолетнемерзлых грунтов является низкая прочность на растяжение. В суровом климате Таймыра это приводит к образованию очень частых морозобойных трещин.

При отрицательной температуре асфальтобетон перестает быть пластичным и переходит от вязкого к упругому и даже твердому хрупкому состоянию. При быстрых переходах от положительной температуры к отрицательной в асфальтобетоне возникают растягивающие напряжения, которые вызывают появление на покрытии температурных трещин, количество которых со временем увеличивается. Образование температурных трещин в асфальтобетоне приводит к особо неблагоприятным последствиям. Помимо существенного снижения срока службы покрытия из-за разрушения водой асфальтобетона и нижележащих слоев дорожной одежды, вода попадает в насыпь земляного полотна, и

сквозь хорошо дренирующий грунта просачивается к основанию, способствуя оттаиванию вечномёрзлых грунтов.

Трещиностойкость асфальтобетона напрямую зависит от его прочности на растягивающие усилия. Кардинально увеличить прочность асфальтобетона на растягивающие усилия можно только с помощью его армирования. В настоящее время армирование осуществляется с помощью синтетических сеток. Применение армированного асфальтобетона позволяет значительно повысить прочность покрытия на горизонтальные нагрузки, как на сдвигоустойчивость, так и на трещиностойкость асфальтобетона.

## **6 Участки дороги «Дудинка – Алыкель» с характерными деформациями и их ремонт**

### **6.1 Обводненный участок с ПК51+36 по ПК51+92**

На участке дороги «Дудинка – Алыкель» с ПК51+36 по ПК51+92 имеет место образование термокарстовых озер с обеих сторон насыпи в непосредственной близости от дороги, обводнение основания насыпи, оттаивание верхней границы многолетнемерзлых грунтов на 1,1 метра от подошвы насыпи. Как следствие возникновение просадки по всей ширине дороги на всю ширину дороги, полное разрушение дорожной одежды на всю ширину проезжей части, оползание откоса справа.

Для стабилизации просадки на этом участке необходимо:

- 1) Исправить поперечный и продольный профиль земляного полотна
- 2) Устроить геомембрану на откосе насыпи
- 3) Устроить дорожную одежду с армированием асфальтобетонных слоев синтетической сеткой.

6.1.1 Исправление поперечного и продольного профиля земляного полотна следует проводить в следующей технологической последовательности.

Разбивка участка ремонтных работ, установка средств организации дорожного движения на время ремонта в соответствии с ГОСТ Р 52289-2004 «Технические средства организации дорожного движения» и схемой производства дорожно-строительных работ.

Разборка существующей дорожной одежды дорожной фрезой, транспортировка старой дорожной одежды к местам складирования автосамосвалами.

Разработка грунта в местах оползания насыпи экскаватором с обратной лопатой и замена его на крупнообломочный грунт с глинистым заполнителем.

Транспортировка крупнообломочного грунта с глинистым заполнителем, его разравнивание бульдозером и уплотнение грунтовым катком для выравнивания продольного профиля участка дороги.

6.1.2 Устройство геомембраны на откосе следует проводить в соответствии с ОДМД «Рекомендации по применению гесинтетических материалов при строительстве и ремонте автомобильных дорог» [6].

Раскатку геомембраны производят на предварительно подготовленный подстилающий слой из песка толщиной не менее 20 см. Укладка геомембраны производится вручную или с помощью специальных траверс, позволяющих выполнить раскатку рулонов внахлест. Работы желательно проводить в сухую погоду при силе ветра до 5 м/с и температуре воздуха от  $-5^{\circ}\text{C}$  до  $+40^{\circ}\text{C}$ , иначе процесс монтажа будет затруднен.

Полотнища раскатывают внахлест с перекрытием предыдущего ряда на 10-20 см.

Верхний край геомембраны заправляют в предварительно подготовленную траншею по методу «в замок».

Нижний конец геомембраны укладывают на дно термокарстового озера и пригружают скальным грунтом с глинистым заполнителем.

Засыпку геомембраны производят из однородных с насыпью грунтов, устроив предварительно защитный слой из песка или торфа.

6.1.3 Устройство дорожной одежды с армированием асфальтобетонных слоев синтетической сеткой по традиционной технологии.

Конструкция дорожной одежды запроектирована в соответствии с требованиями ОДН 218.046-01 «Проектирование нежестких дорожных одежд» – капитального типа.

Поперечный профиль проезжей части – двухскатный: уклон покрытия – 15 ‰, обочин – 40‰.

Тип 1:

- дополнительный слой основания из щебеночно-песчаной смеси С6, толщиной слоя по оси 0,20 м;
- нижний слой основания из щебеночно-песчаной смеси С4, толщиной слоя 0,12м;

- верхний слой основания из пористой горячей крупнозернистой асфальтобетонной смеси марки П, толщиной слоя 0,10 м;
- геосетка;
- покрытие из плотной горячей мелкозернистой асфальтобетонной смеси тип Б марки П, толщиной слоя 0,06 м.

## **6.2 Незатухающая термопросадка на участке с водопропускной трубой на ПК54+73**

На ПК 54+72 расположена круглая двухочковая металлическая гофрированная труба без оголовков, диаметром 1.50 м. длиной 35,60 м. Обе трубы деформированы, имеют прогиб более 0,50 м. Водоток – временный. Верхняя граница многолетнемерзлых грунтов находится на 0,8 м ниже подошвы насыпи.

При ремонте предусмотрена замена существующего искусственного сооружения на новую круглую двухочковую гофрированную трубу диаметром 1,5м. Для предохранения грунтов от оттаивания в котловане под оголовки и тело трубы устраивается прослойка из теплоизоляционного материала. При строительстве трубы работы производятся в зимний период, из условия наименьшего нарушения естественного состояния мерзлых грунтов.

Укрепление русел и откосов выполняются устройством матрацев Рено, уложенными на слой геотекстильного нетканного материала.

Полная перестройка трубы включает в себя следующие основные операции, многие из которых аналогичны новому строительству водопропускной трубы. До начала работ производят установку необходимых дорожных знаков (ограничения скорости, сужения проезжей части), указателей объезда, ограждений в соответствии с действующими требованиями. Затем выполняют удаление (разборку) существующей дорожной одежды в пределах будущего котлована и вывоз материала с применением кирковщиков, бульдозеров, одноковшовых (фронтальных) погрузчиков и автомобилей-самосвалов. Возможно использование материала старой дорожной одежды на объездной дороге. После разборки дорожной одежды отрывают котлован с целью освобождения старой трубы от

грунта до уровня подошвы фундамента (основания) с применением экскаватора с рабочим оборудованием обратной лопаты. Для безопасности и удобства работ при разборке старой и монтаже новой трубы котлован по подошве должен быть шире основания старой трубы с одной стороны на 3 м (для прохождения машин), а с другой стороны на 1 м (для движения рабочих). Заложением откосов котлована не круче 1:1.

После демонтажа старой трубы, основание планирую до проектной отметки и производят строительство новой трубы по традиционной технологии в соответствии с Методические рекомендации по применению металлических гофрированных труб [5].

## **7 Охрана труда**

### **7.1 Строительство асфальтобетонных и черных покрытий и оснований**

7.1.1 В темное время суток место укладки асфальтобетонной смеси должно быть освещено согласно ГОСТ 12.1.046-85.

Для освещения следует использовать передвижные, переносные и установленные на дорожно-строительных машинах осветительные приборы.

7.1.2 Движение автомобилей-самосвалов в зоне укладки асфальтобетонной смеси разрешается только по сигналу приемщика смеси; перед началом движения водитель обязан подать звуковой сигнал.

7.1.3 Открывать задний борт автомобиля-самосвала при выгрузке асфальтобетонной смеси в бункер асфальтоукладчика необходимо специальным металлическим крючком.

7.1.4 Запрещается производить очистку от смеси крыльев приемного бункера во время движения асфальтоукладчика.

7.1.5 Выгрузку асфальтобетонной смеси из автомобиля-самосвала в приемный бункер асфальтоукладчика следует выполнять лишь после его остановки, предупредительного сигнала машиниста асфальтоукладчика, и удаления рабочих на расстояние 1 м от боковых стенок бункера.

7.1.6 Кузов автомобиля-самосвала от остатков асфальтобетонной смеси необходимо очищать стоя на земле специальными скребками и лопатой с ручкой длиной не менее 2 м.

7.1.7 В процессе работы расстояние между катками и другими самоходными машинами должно быть не менее 5 м. При меньшей дистанции проход между катками и другими движущимися машинами запрещается.

7.1.8 При работе асфальтоукладчиков и катков запрещается:

- находиться посторонним лицам в зоне действия рабочих органов;
- входить на площадку управления до полной остановки машины;
- регулировать работу уплотняющих органов;

- оставлять без присмотра машины с работающими двигателями;
- ремонтировать шнеки, питатели и другие механизмы.

7.1.9 При длительных перерывах в работе (6 ч и более) асфальтоукладчики, и катки необходимо очистить, установить в один ряд и затормозить.

С обеих сторон колонны машин следует ставить ограждения с красными сигналами: днем - флажки, ночью - фонари.

7.1.10 При ручной укладке и исправлении дефектных участков покрытия расстояние переноса асфальтобетонной смеси лопатами не должно превышать 8 м. При большем расстоянии следует пользоваться носилками с бортами с трех сторон или легкими тачками с опрокидыванием вперед.

7.1.11 При использовании полимерно-битумных вяжущих (ПБВ) в асфальтобетонных смесях следует руководствоваться ГОСТ 12.1.044-84.

7.1.12 Расстояние от емкостей с растворителями, растворами дивинилстирольного термоэластопласта (ДСТ) и других полимеров до сооружений, строений, битумных котлов должно быть не менее 50 м.

Места хранения растворителей и растворов полимеров должны быть обозначены предупредительными надписями “Огнеопасно”, “Курить запрещено”, “Сварка запрещена”. При смешении растворов полимеров или резины с битумом запрещается подогревать битумный котел. Растворы полимеров разрешается вводить в битум только через шланг, опустив его конец в битум.

Приготавливать полимерно-битумное вяжущее или резинобитумную композицию разрешается только в дневное время под руководством ответственного лица.

7.1.13 Рабочие, занятые на укладке асфальтобетонных и черных покрытий и оснований, должны поверх спецодежды надевать яркие сигнальные жилеты.

7.1.14 При работе с асфальтобетонной смесью, содержащей поверхностно-активные вещества и активаторы, следует пользоваться герметичными очками и универсальными респираторами.

7.1.15 Рабочие, занятые на приготовлении асфальтобетонных смесей, содержащих дегти и пеки, обеспечиваются средствами индивидуальной защиты в

соответствии с действующими «Типовыми отраслевыми нормами бесплатной выдачи специальной одежды, специальной обуви и других средств индивидуальной защиты рабочим и служащим».

7.1.16 При работах по разжижению битума следует пользоваться респираторами, очками, перчатками или рукавицами.

7.1.17 Лица, не имеющие соответствующих средств индивидуальной защиты, не допускаются к работе по укладке асфальтобетонных и черных покрытий и оснований.

## **7.2 Строительство и ремонт мостов, труб, зданий и сооружений**

7.2.1 Строительство и ремонт мостов, труб, зданий и сооружений должны производиться в соответствии с утвержденным проектом, содержащим способы производства работ и устанавливающим время года, в течение которого эти работы выполняются. При этом необходимо соблюдать требования, изложенные в разделе 4 Правил охраны труда при строительстве, ремонте и содержании автомобильных дорог [8]

7.2.2 В проектах следует предусматривать применение конструкций, ограждений, материалов и технологий, облегчающих производство работ в суровых климатических условиях с учетом малой населенности района, низких температур, силы ветра и мощности снегозаносов.

7.2.3 Входы в здания и склады следует располагать с наветренной стороны, а двери должны открываться вовнутрь. Для складов целесообразно также устраивать раздвижные ворота.

7.2.4 Кровли зданий и складов во избежание снежных заносов не следует загромождать парапетами, подмостями, транспарантами и т.д.

7.2.5 Складевать песок, щебень, лесоматериалы необходимо на очищенных от снега площадках с наветренной стороны зданий или частично в зоне вихревой области снежных отложений перед зданием. Высота штабелей лесоматериалов не должна превышать 1-1,5 м. Их располагают перпендикулярно

господствующему направлению ветров; расстояние между штабелями принимают равным 10-20 м.

7.2.6 Склады угля, как правило, следует строить закрытыми. Должен быть предусмотрен запас угля в складах на случай возможных перебоев в снабжении во время пурги.

7.2.7 Отдельные детали строительных машин (стрелы кранов, гусеницы тракторов, ходовые рамы, пики отбойных молотков, рамы буровых станков и др.) должны быть изготовлены из морозостойких сталей.

7.2.8 Кабины машин должны быть утеплены, а двигатели оборудованы специальными приспособления пуски при низких температурах.

7.2.9 Для предотвращения заболевания глаз вследствие одновременного воздействия солнца и снега необходимо обеспечивать рабочих солнцезащитными очками.

7.2.10 При производстве каменной кладки зимой необходимо:

- очищать рабочее место от снега и наледи;
- применять при использовании способа замораживания более прочные растворы, приготовленные с подогревом воды;
- устраивать карнизы способом замораживания лишь в том случае, если толщина их выноса меньше толщины стены;
- устанавливать с наступлением оттепели постоянное наблюдение за состоянием кладки, выполненной методом замораживания, и в случае неравномерной осадки принимать меры против ее обрушения.

7.2.11 Запрещается отапливать тепляки жаровнями различного типа, а также применять для растопки бензин, керосин.

## **8 Охрана окружающей среды**

### **8.1 Укладка дорожных одежд**

8.1.1 При укладке дорожных одежд возникают следующие виды основных воздействий на окружающую среду:

- выбросы в атмосферу отработавших газов при линейной работе комплекса дорожных машин, выполняющих операции по укладке, уплотнению, формированию слоев дорожной одежды;
- выбросы транспортных средств при перевозке материалов от места хранения или изготовления к месту укладки;
- пылеобразование при работе с необработанными минеральными материалами;
- испарение токсичных компонентов применяемых органических вяжущих, а также составов для заливки швов и ухода за цементно-бетонными покрытиями;
- загрязнение близлежащих водных объектов растворами и стоками некоторых компонентов материалов.

8.1.2 При планировке поверхности земляного полотна перед вывозкой и распределением необработанного материала для слоя основания в сухую погоду необходимо производить обеспыливание путем розлива (распределения) обеспыливающих веществ или воды с помощью поливомоечных машин, цистерн, оборудованных распределительными устройствами, или специальных распределителей сыпучих материалов.

При устройстве морозозащитных и дренирующих слоев и слоев оснований дорожных одежд из крупнозернистого материала (гравий, щебень, песок) следует предотвращать ветровой вынос пыли и мелких частиц за пределы земляного полотна при погрузке, выгрузке и распределении путем увлажнения.

8.1.3 Экологическая безопасность механизированной укладки привозных материалов в слои дорожной одежды обеспечивается соблюдением установленного технологического регламента. В целях предотвращения недопустимой концентрации вредных выбросов в рабочей зоне и на прилегающих территории

ях следует обеспечить равномерный ритм работы укладочных механизмов, уплотняющего оборудования и транспорта. Для случаев нарушения ритма укладки целесообразно предусмотреть резервные площадки за пределами основной полосы проезжей части.

8.1.4 Приготовление, укладка и уплотнение асфальтобетона на стандартных нефтяных битумах не создает опасных экологических воздействий на среду вследствие токсичных испарений. Опасные (канцерогенные) выделения в атмосферу возникают в процессе приготовления и эксплуатации открытых слоев покрытий из материалов на каменноугольных и сланцевых вяжущих. Содержание канцерогенов (бензапирена) в этих вяжущих на несколько порядков больше, чем в нефтяных битумах.

Действующие стандарты и отраслевые нормы в соответствии с указанием Госсанэпиднадзора запрещают использование каменноугольных смол и дегтей для применения в верхних слоях покрытий повсеместно, а в жилых и курортных районах - и в нижних слоях дорожных одежд.

8.1.5 Выгрузка асфальтобетонных смесей должна производиться в приемные бункеры асфальтоукладчиков (или специальные расходные емкости) или на подготовленное основание. Выгрузка асфальтобетонных смесей за пределами площади предстоящей укладки не допускается.

8.1.6 Очистку и промывку кузовов бетоновозов и автомобилей - самосвалов, используемых для доставки цементобетонных смесей, следует осуществлять только в отведенных для этого местах. Вода после промывки должна поступать в специальные отстойники для повторного использования; ее слив в водные объекты запрещается.

8.1.7 При уходе за свежееуложенным бетоном рабочие органы распределителей пленкообразующих веществ должны быть отрегулированы таким образом, чтобы расход пленкообразующих материалов соответствовал нормам «Инструкции по строительству цементобетонных покрытий автомобильных дорог» ВСН 139-80. При этом пленкообразующий материал не должен стекать с покрытия.

Распределение пленкообразующих веществ не рекомендуется производить при направлении движения воздушных масс от дороги в сторону водных объектов, полей, занятых сельскохозяйственными культурами, садово-огородных участков, населенных пунктов и т.п.

8.1.9. При приготовлении на месте, разогреве и транспортировании резинобитумных, битумно-полимерных мастик, тиоколовых герметиков и грунтовок, применяемых для заполнения деформационных швов, необходимо принимать меры, исключающие попадание этих материалов в почву и на растительность.

## **8.2 Искусственные сооружения**

8.2.1 При строительстве сооружений на водных объектах или в местах предполагаемого воздействия на водную среду следует соблюдать требования «Водного Кодекса РФ» (1995 г.), «Положения о водоохранных зонах водных объектов и их прибрежных защитных полосах» (1996 г.) и других нормативных актов водного законодательства.

Ведение работ в водоохранной зоне допускается по специальному разрешению местных водоохранных органов.

8.2.2 При выборе вариантов организационно-технологических решений мостовых переходов следует производить сравнение их по уровню экологической безопасности. Наилучшими показателями обладают следующие современные решения основных конструктивно-технологических задач:

- перекрытие пойменной части перехода эстакадой взамен сооружения высоких насыпей;
- навесная сборка (надвижка) пролетных строений с минимальным использованием временных опор и подмостей, закрывающих пространство между опорами;
- буронабивные сваи или оболочки с безростверковыми промежуточными опорами;

- укрупненная сборка на базе с сокращением объема работ в русловых пролетах.

8.2.3 Особое внимание следует уделять следующим видам возможных воздействий на водную среду:

- непредусмотренное проектом изменение береговой линии, подмывы, другие деформации русла;
- загрязнение и замутнение воды;
- образование очагов эрозии берегов в водоохранной зоне;
- уничтожение водной и береговой флоры и фауны, изменение условий их существования;
- смыв в водотоки грунта из отвалов, насыпей, выработок;
- технологическое загрязнение воды и водоохранной зоны химическими веществами, строительными отходами, мусором.

8.2.4. При строительстве укреплений земляных сооружений на водотоках, а также водоотводных и оврагозащитных сооружений необходимо предусматривать противопаводковые мероприятия, предотвращающие смыв и обвалы грунта в период дождей и паводков.

8.2.5 Строительство мостов и труб в наледиопасных районах не должно нарушать установившийся на водотоке водно-тепловой режим грунтов и вестись без удаления торфо-мохового покрова и растительности.

8.2.6 Протяженность временных подъездных дорог к объекту строительства должна быть минимальной. При наличии слабых грунтов в поймах подъездные дороги следует устраивать на насыпях толщиной не менее 1 м, используя в их основании геотекстиль, хворостяные выстилки или слани. После прекращения эксплуатации временные дороги в пойменных зонах следует ликвидировать, местность заровнять и распахать.

8.2.7 С целью предупредить нарушение системы поверхностного стока, заболачивание и переувлажнение земель водопропускные сооружения (трубы, малые мосты) следует строить, как правило, до отсыпки земляного полотна. При строительстве водопропускных сооружений не допускается устройство на

постоянных водотоках плотин или иных напорных сооружений, изменяющих режим движения воды по естественному руслу за пределами строительной площадки.

8.2.8 В процессе строительства и на его конечной стадии следует контролировать выполнение следующих работ:

- удаление из русла реки песчаных островков, отсыпанных на время сооружения опор, с вывозом грунта за пределы береговой полосы;
- очистку русла реки и пойм от загромождающих их предметов. Сваи подмоостей и временных опор, хворостяные выстилы или слани временных подъездных дорог должны быть извлечены, разобраны и вывезены;
- разборку временных сооружений на строительной площадке;
- планировку и рекультивацию нарушенных земель с посадкой кустарников и деревьев на всей территории прибрежных защитных полос;
- рекультивацию грунтовых карьеров и иных выработок грунта на территориях, которые могут быть использованы в качестве мест отдыха, с планировкой, посадкой кустарников и деревьев, уполаживанием откосов и отсыпкой песчаных пляжей.

Полнота и качество выполнения перечисленных работ должны быть зафиксированы в акте сдачи (или выполнения ремонта) объекта.

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

В процессе выполнения данной выпускной квалификационной работы мною был проведен анализ принципов проектирования автомобильных дорог в районах распространения многолетнемерзлых грунтов, были изучены причины нестабильного поведения насыпи земляного полотна. Предложены решения по стабилизации деформаций дороги. Предложены варианты ремонтных решений для двух особо-сложных участков автомобильной дороги «Дудинка – Алыкель».

Таблица А.1 – Ведомость дефектов на ремонт автомобильной дороги А-382 «Подъезд к аэропорту «Алыкель» от г. Дудинка» на участке км 0+00 – км 6+00

№ п.п.	Границы участков по видам основных дефектов		Протяженность, м	Вид дефектов	Намечаемые виды работ по устранению дефектов	Объемы работ	
	Начало (км + м)	конец (км + м)				Ед. изм.	Количество
<b>Дорожная одежда</b>							
1	км 1+596 (ПК15+96)	км 1+626 (ПК 16+26)	30	Продольная трещина раскрытием от 2см до 4см	Заливка трещин битумной мастикой - устройство слоя покрытия, толщиной 0,06м; -досыпка присыпных обочин	п.м м <sup>2</sup> м <sup>3</sup>	30 266 10
2	км 1+761 (ПК 17+61)	км 1+761 (ПК 17+61)	0	Просадка по левой полосе площадью 25м <sup>2</sup> , размером 5х5м, глубиной 10см	- ямочный ремонт (5х5);	м <sup>2</sup>	25,0
3	км 3+337 (ПК33+37)	км 3+342 (ПК 33+42)	5	Просадка по всей ширине покрытия глубиной 10см. Просадка по правой и левой обочине глубиной 10см.	- фрезерование покрытия (8,46х5); - устройство дополнительного слоя основания; - устройство нижнего слоя основания; - устройство верхнего слоя основания; - раскладка геосетки; - устройство слоя покрытия, толщиной 0,06м; - устройство присыпных обочин;	м <sup>2</sup> м <sup>2</sup> м <sup>2</sup> м <sup>2</sup> м <sup>2</sup> м <sup>2</sup> м <sup>3</sup>	42,3 71 46 42 42 42 5

Продолжение таблицы 1

№ п.п.	Границы участков по видам основных дефектов		Протяженность, м	Вид дефектов	Намечаемые виды работ по устранению дефектов	Объемы работ	
	Начало (км + м)	конец (км + м)				Ед. изм.	Количество
4	км 3+931 (ПК39+31)	км 3+937 (ПК 39+37)	6	Просадка по всей ширине покрытия глубиной 10см. Просадка по правой и левой обочине глубиной 10см.	- фрезерование покрытия (8,03х6);	м2	48,7
					- устройство дополнительного слоя основания;	м2	85
					- устройство нижнего слоя основания;	м2	52
					- устройство верхнего слоя основания;	м2	49
					- раскладка геосетки;	м2	49
					- устройство слоя покрытия, толщиной 0,06м;	м2	49
					- устройство присыпных обочин;	м3	7
5	км 4+695 (ПК46+95)	км 4+701 (ПК 47+01)	6	Просадка по всей ширине покрытия глубиной 15см. Просадка по правой и левой обочине глубиной 10см.	- фрезерование покрытия (8,04х6);	м2	48,3
					- устройство дополнительного слоя основания;	м2	79
					- устройство нижнего слоя основания;	м2	53
					- устройство верхнего слоя основания;	м2	48
					- раскладка геосетки;	м2	48
					- устройство слоя покрытия, толщиной 0,06м;	м2	48
					- устройство присыпных обочин;	м3	6

Продолжение таблицы 1

№ п.п.	Границы участков по видам основных дефектов		Протяженность, м	Вид дефектов	Намечаемые виды работ по устранению дефектов	Объемы работ	
	Начало (км + м)	конец (км + м)				Ед. изм.	Количество
6	км 5+136 (ПК51+36)	км 5+192 (ПК 51+92)	56	Пролом, полное разрушение дорожной одежды на всю толщину. Правая полоса движения. Пролом, полное разрушение правой обочины, оползание по откосу.	- фрезерование покрытия (8,61x56);	м <sup>2</sup>	482,3
					- устройство дополнительного слоя основания;	м <sup>2</sup>	778
					- устройство нижнего слоя основания;	м <sup>2</sup>	519
					- устройство верхнего слоя основания;	м <sup>2</sup>	480
					- раскладка геосетки;	м <sup>2</sup>	480
					- устройство слоя покрытия, толщиной 0,06м;	м <sup>2</sup>	480
- устройство присыпных обочин;	м <sup>3</sup>	58					
7	км 5+459 (ПК54+59)	км 5+487 (ПК 54+87)	28	Просадка по всей ширине покрытия глубиной 8см	- фрезерование покрытия (8,04x6);	м2	226,8
					- устройство дополнительного слоя основания;	м2	389
					- устройство нижнего слоя основания;	м2	245
					- устройство верхнего слоя основания;	м2	225
					- раскладка геосетки;	м2	225
					- устройство слоя покрытия, толщиной 0,06м;	м2	225
- устройство присыпных обочин;	м3	32					
<b>Земляное полотно</b>							
1	км 3+337 (ПК33+37)	км 3+342 (ПК 33+42)	5	Просадка по всей ширине земляного полотна глубиной 10см.	- разборка существующей насыпи на глубину h=1,0 м;	м3	70
					- устройство рабочего слоя (потр.);	м3	52
2	км 3+931 (ПК39+31)	км 3+937 (ПК 39+37)	6	Просадка по всей ширине земляного полотна глубиной 10см.	- разборка существующей насыпи на глубину h=1,0 м;	м3	79
					- устройство рабочего слоя (потр.);	м3	61

Окончание таблицы 1

№ п.п.	Границы участков по видам основных дефектов		Протяженность, м	Вид дефектов	Намечаемые виды работ по устранению дефектов	Объемы работ	
	Начало (км + м)	конец (км + м)				Ед. изм.	Количество
3	км 4+695 (ПК46+95)	км 4+701 (ПК 47+01)	6	Просадка по всей ширине земляного полотна глубиной 15см.	- разборка существующей насыпи на глубину h=1,0 м; - устройство рабочего слоя (потр.);	м3 м3	71 53
4	км 5+136 (ПК51+36)	км 5+192 (ПК 51+92)	56	Разрушение. Пролонг, застой воды по низу земляного полотна с просачиванием воды через насыпь.	<u>Замена земляного полотна:</u> - разборка существующей насыпи; - раскладка геотекстиля; - устройство слоя из теплоизолирующего материала; -отсыпка земляного полотна (плот.);	м3 м2 м2 м3	1914 1146 1594 1820
5	км 5+459 (ПК54+59)	км 5+487 (ПК 54+87)	28	Просачивание воды через земляное полотно.	- <u>разборка существующей насыпи с обратной навивкой;</u> - <u>устройство рабочего слоя</u> <u>(потр.);</u>	м3 м3	3697 267

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. ВСН 84-89 Изыскания, проектирование и строительство автомобильных дорог в районах распространения вечной мерзлоты. – Введ. 30.03.1989. – Москва: Минтрансстрой СССР, 1989. – 177 с.
2. ГОСТ Р 52289-2004 Технические средства организации дорожного движения. – Введ. 15.12.2004. – Москва: Стандартинформ, 2005. – 161 с.
3. ГОСТ 12.1.046-2014 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Строительство. Нормы освещения строительных площадок. – Введ. 01.07.2015. – Москва: Стандартинформ, 2015. – 19 с.
4. ОДМ 218.3.031-2013 Методические рекомендации по охране окружающей среды при строительстве, ремонте и содержании автомобильных дорог. – Введ. 01.05.2013. – Москва: 2013. – 79 с.
5. ОДМ 218.2.001-2009. Рекомендации по проектированию и строительству водопропускных сооружений из металлических гофрированных структур на автомобильных дорогах общего пользования с учетом региональных условий (дорожно-климатических зон). – Введ. 21.07.2009. – М.: 2009. – 99 с.
6. ОДМД Рекомендации по применению геосинтетических материалов при строительстве и ремонте автомобильных дорог. – Введ. 01.08.2003. – М.: 2003. – 151 с.
7. ОДН 218.046-01 Проектирование нежестких дорожных одежд. – Введ. 01.01.2001. – Москва: 2001. – 92 с.
8. СП 34.13330.2012 Автомобильные дороги. Актуализированная версия СНиП 2.05.02-85\*. – Введ. 01.07.2013. – Москва: 2013. – 107 с.
9. СП 78.13330.2012 Автомобильные дороги. Актуализированная версия СНиП 3.06.03-85. – Введ. 01.07.2013. – Москва: 2013. – 67 с.
10. СП 35.13330.2011 Мосты и трубы. Актуализированная версия СНиП 2.05.03-84. – Введ. 20.05.2011. – Москва: 2011. – 141 с.

11. СП 131.13330.2012 Строительная климатология. Актуализированная версия СНиП 23-01-99\*. – Введ. 01.01.2013. – Москва: 2013. – 108 с.
12. СТО 218.3.001-2006 Проектирование и устройство теплоизолирующих слоев из экструдированного пенополистирола «STYROFOAM» на автомобильных дорогах России. – Введ. 26.05.2006. – Москва: Дау Кемикал Компани, 2006. – 61 с.
13. СТО 4.2-07-2014 Система менеджмента и качества. Общие требования к построению, изложению и оформлению документов учебной деятельности. – Введ. 09.01.14. – Красноярск: ИПК СФУ, 2014. – 60 с.
14. Давыдов, В. А. Автомобильные дороги на крайнем севере и в зоне вечной мерзлоты России : учебное пособие / В. А. Давыдов. – Москва, 2010. – 218 с.
15. Давыдов, В. А. Принципы проектирования и строительства дорог в зоне Вечной Мерзлоты (на многолетнемерзлых грунтах) / В.А. Давыдов // Проектирование автомобил. дорог: сб. науч. тр. / МАДИ (ГТУ). – М. 2002. – С. 17-20.
16. Физические величины. Справочник. А.П. Бабичев, Н.А. Бабушкина, А.М. Братковский и др.; Под ред. И.С. Григорьева, Е.З. Мейлихова. — М.: Энергоатомиздат, 1991. — 1232 с.
17. Справочник дорожных терминов / Под ред. д-ра техн. наук проф. В. В. Ушакова. - М.: «ЭКОН-ИНФОРМ», 2005. - 256 с
18. Юрков, Ф. Х. Угроза деформирования / Ф.Х. Юрков // Автомобильные дороги. – 2014. – № 6. – С. 74–78.

Федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение  
высшего образования  
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Инженерно-строительный институт  
Кафедра: Автомобильные дороги и городские сооружения

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

В. В. Серватинский

подпись

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 \_\_ г.

**ЗАДАНИЕ**  
**НА ВЫПУСКНУЮ КВАЛИФИКАЦИОННУЮ РАБОТУ**  
**в форме бакалаврской работы**

Студенту Тронину Андрею Борисовичу  
Группа ДС 13-12 Направление (специальность) 08.03.01.00.15  
«Автомобильные дороги»

Тема выпускной квалификационной работы: Ремонт особо-сложных участков автомобильной дороги «Дудинка – Алыкель» в I дорожно-климатической зоне.

Утверждена приказом по университету № 6962 от 30.05.17.

Руководитель ВКР В.В. Серватинский, заведующий кафедрой автомобильных дорог и городских сооружений, ИСИ СФУ.

Исходные данные для ВКР: план и продольный профиль дороги, ведомость дефектов, климатические данные.

Перечень разделов ВКР: экономическое значение дороги, природно-климатические характеристики района производства дорожно-строительных работ, процессы, протекающие на участке 0-6 км автодороги А-382, обоснование температурной устойчивости насыпи земляного полотна, конструктивные и технологические решения по стабилизации деформаций, участки дороги «Дудинка – Алыкель» с характерными деформациями и их ремонт, охрана труда, охрана окружающей среды

Перечень графического материала: дорожно-климатические условия, характерные деформации и анализ причин, мероприятия по прекращению фильтрации воды в насыпь, просадка на участке с водопрпускной трубой, участок с обводнением насыпи .

Руководитель ВКР

\_\_\_\_\_

подпись

В.В Серватинский

Задание принял к исполнению

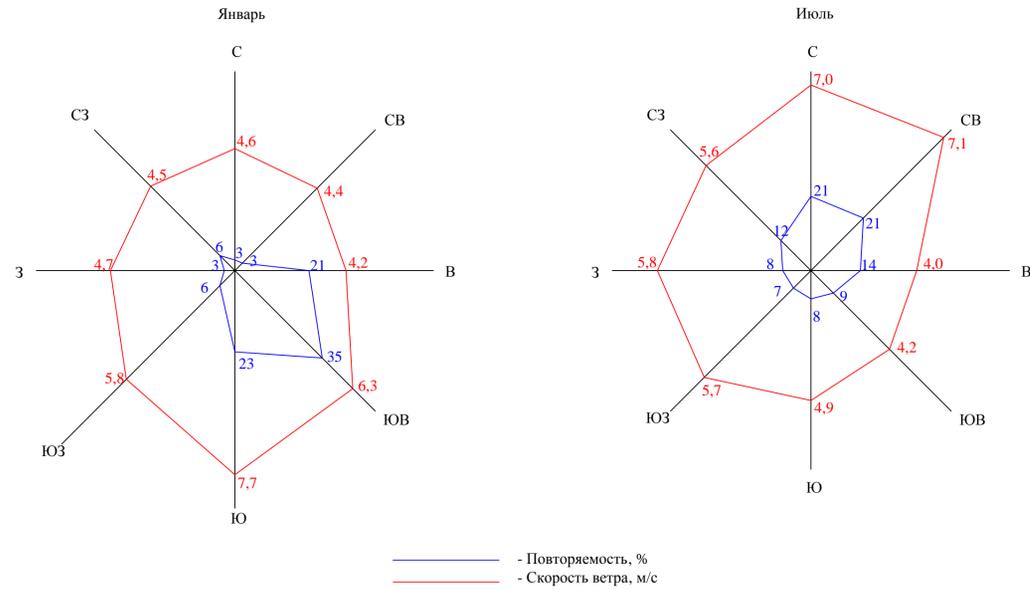
\_\_\_\_\_

подпись

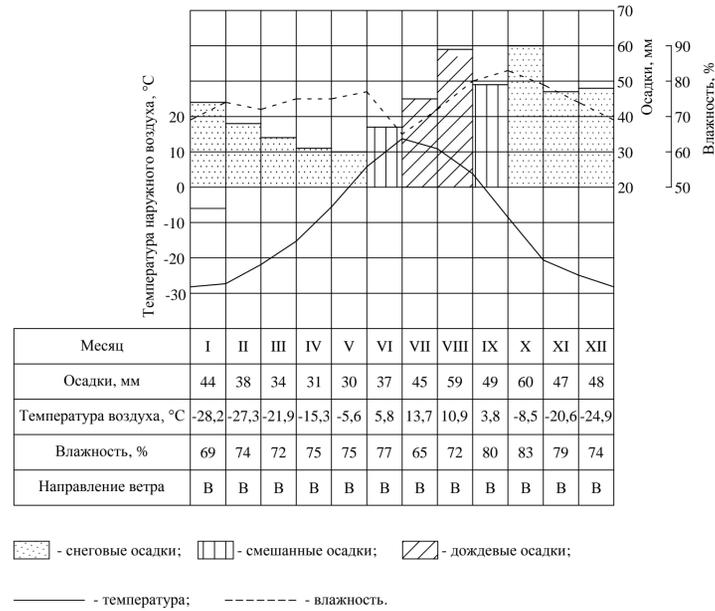
А.Б. Тронин

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

## График распределения скоростей и интенсивности ветра по румбам



## Дорожный климатический график



## Причины нестабильности автомобильной дороги

1. I дорожно-климатическая зона Северная подзона. Низкотемпературные многолетнемерзлые грунты распространены повсеместно. Влажность сезонно-оттаивающего слоя грунтов выше предела текучести.

2. Климатические условия очень суровые. Продолжительность холодного периода года более восьми месяцев.

3. Рельеф местности с небольшими колебаниями отметок, близость к реке Енисей и небольшая удаленность от Северного ледовитого океана обуславливает наличие сильных ветров с большим объемом снегопереноса зимой (до 1000 м<sup>3</sup>/п.м). Регулярно в течении зимы повторяется "Черная пурга". Высота снежных наносов достигает местами 5 м и более.

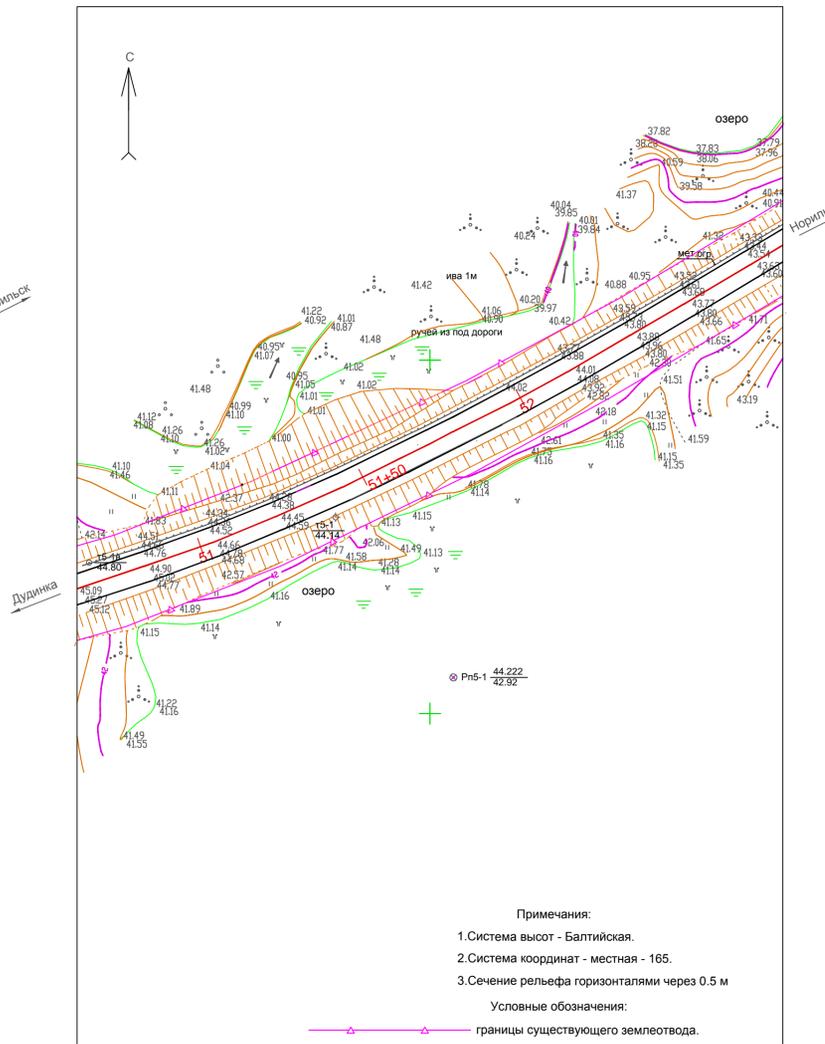
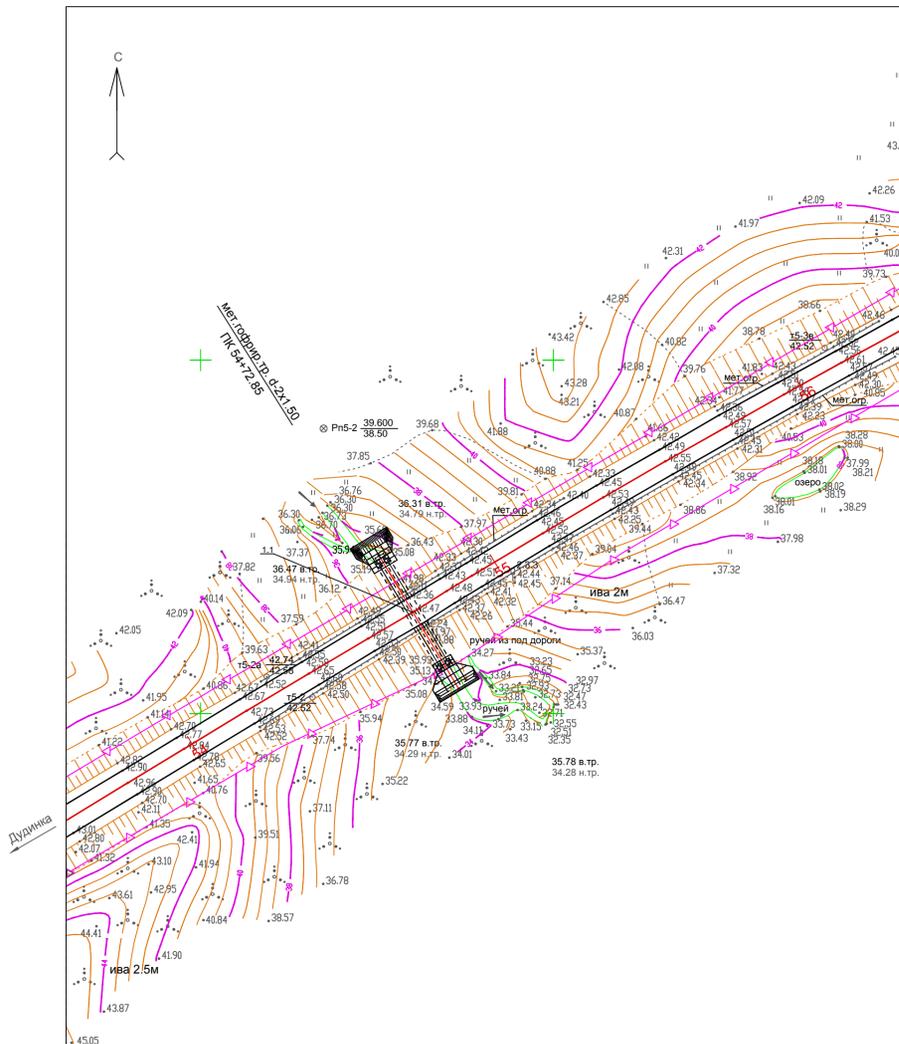
4. Наличие полярного дня и полярной ночи - причина особого водно-теплового режима грунтов. В течении полярного дня влияние солнечной радиации не прекращается на протяжении нескольких месяцев.

5. Опыт строительства и эксплуатации дорог и дорожных сооружений сравнительно мал. Первые дороги на вечной мерзлоте появились лишь 60-70 лет назад.

6. Дефицит дорожно-строительных материалов, в том числе вяжущих обусловлен географическим расположением Норильского промышленного района, тяжелой транспортной доступностью.

7. Изменчивость климатических условий, повышение среднегодовых температур и, как следствие, проявление мерзлотных процессов в виде понижения верхней границы многолетнемерзлых грунтов.

8. Необходимость особых конструктивных и технологических решений по строительству и эксплуатации дорог.



ВКР - 08.03.01.00.15 - 2017				
Сибирский Федеральный Университет Инженерно-строительный институт				
Изм	Лист	№ документа	Подпись	Дата
Разраб	Транин А. Б.			
Руководитель Серватинский В. В.			Дорожно-климатические условия	
Вед. кафедры Серватинский В. В.			Кафедра АДГС	
			Страница	Лист
			4	5

# Характерные деформации, анализ причин



Рис. 1 - Образование термокарстовых озер у подошвы насыпи



Рис. 4 - Незатухающая термопросадка насыпи



Рис. 8 - Оползание откоса



Рис. 2 - Образование термокарстовых озер у подошвы насыпи (фото со спутника)

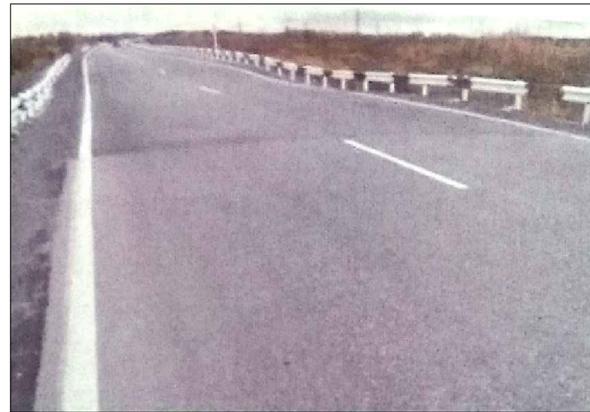


Рис. 5 - Незатухающая термопросадка насыпи над трубой



Рис. 7 - Продольная температурная трещина по кромке проезжей части



Рис. 3 - Фильтрация воды через насыпь (фото со спутника)



Рис. 6 - Незатухающая термопросадка основания моста

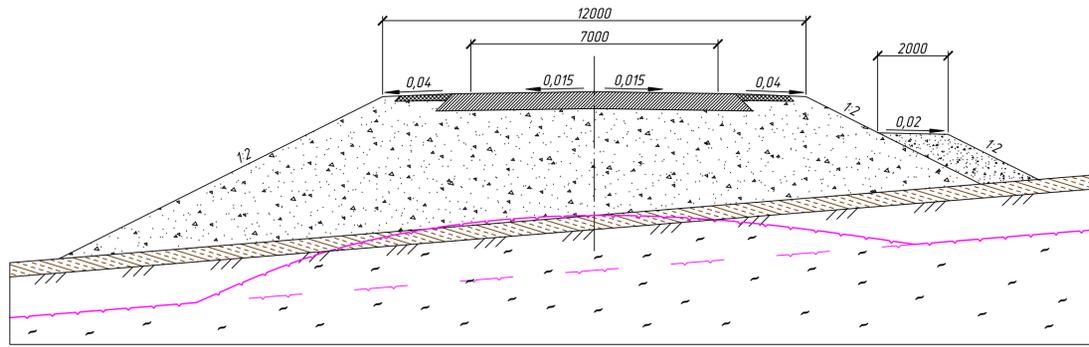
## Основные причины деформаций

1. Льдонасыщенные грунты в основании
2. Льдонасыщенный мохо-торфяной слой
3. Фильтрация поверхностной воды через насыпь
4. Скальный грунт насыпи
5. Инфильтрация воды через обочины
6. Фундаментные трубы, оттаивание под ними
7. Не решен водоотвод вдоль откосов
8. Попадание снега в большом объеме при строительстве насыпи в зимний период
9. Повышенная морозобойность асфальтобетонной смеси
10. Развитие термокарста в непосредственной близости у дороги не предотвращается
11. Несовершенная методика проектирования

				ВКР – 08.03.01.00.15 – 2017		
				Сибирский Федеральный Университет Инженерно-строительный институт		
Изм	Лист	№ документа	Подпись	Дата	Стадия	Лист
Разраб	Транин А.Б.				Ч	2
				Решено особо-сложных участках автомобильной дороги Дудинка – Ачинск в I дорожно-климатической зоне		
				Листов 5		
				Кафедра АДГС		
				Формат А1		

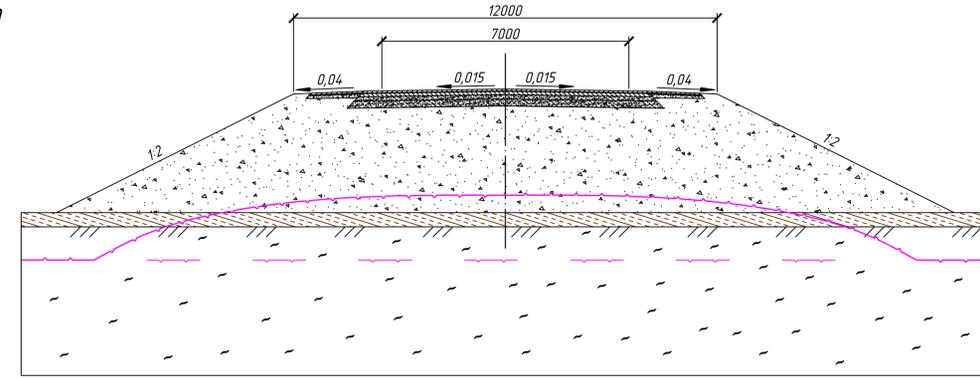
# Мероприятия по прекращению фильтрации воды в насыпь

Отжимная бёрма



Отжимная бёрма позволяет исправить продольный профиль подошвы насыпи. Устраняет препятствия нормальной транспортировке поверхностных вод к водопроницаемому сооружению. Повышает теплощитные свойства откосов насыпи.

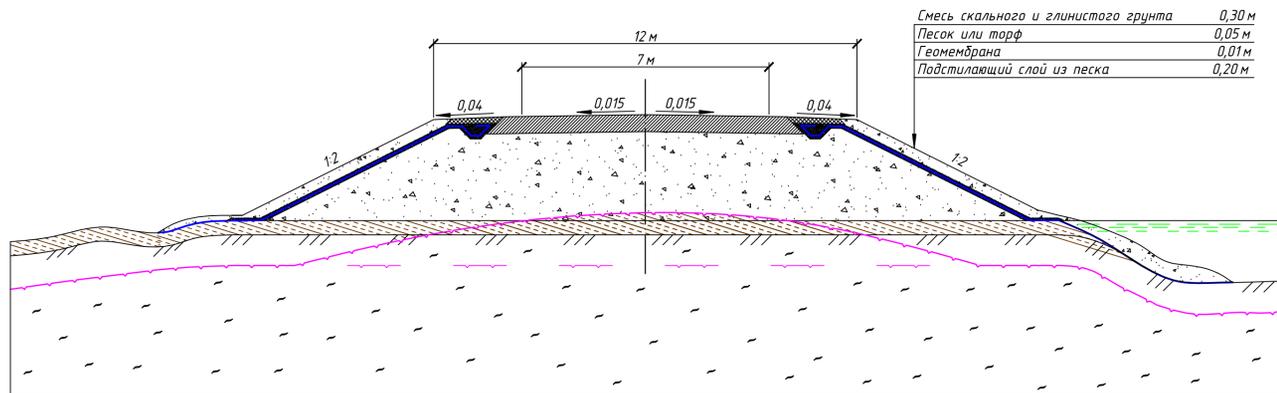
Перекрытие обочин асфальто-бетоном



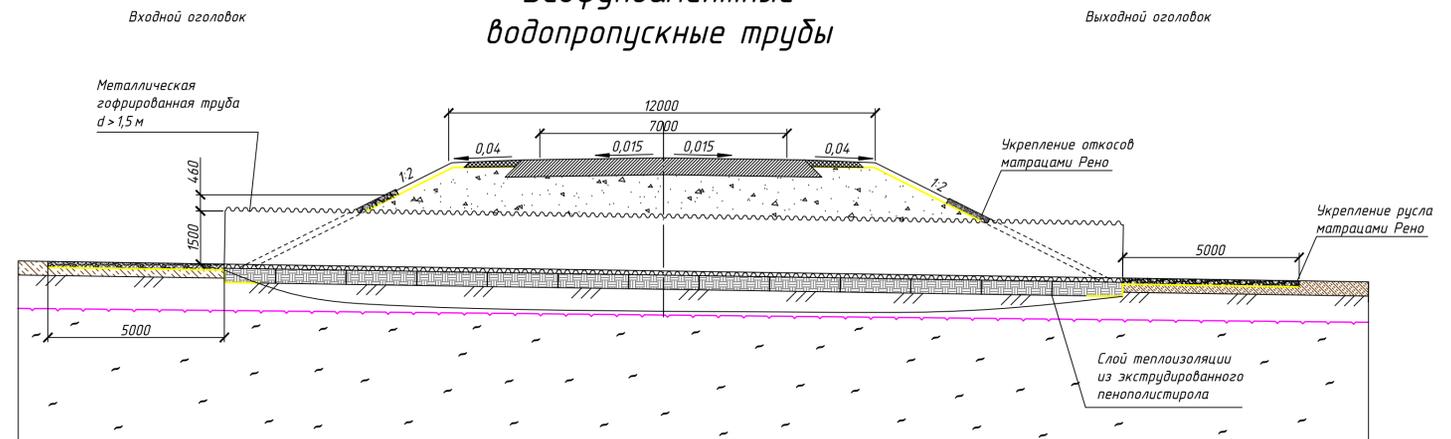
Перекрытие всего верха земляного-бетонного полотна асфальто-бетоном исключит инфильтрацию прогретых дождевых осадков в тело насыпи через обочины. При этом повышается теплозащита насыпи.

Применение геомембран на откосах позволяет прекратить фильтрацию воды в тело насыпи и основание.

Геомембраны



Безфундаментные водопропускные трубы



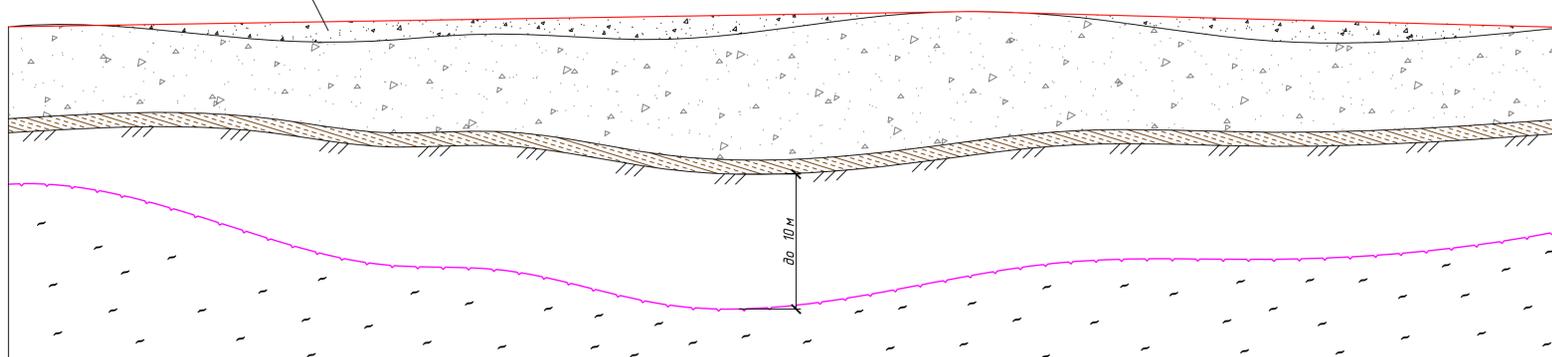
Водопропускные трубы без фундаментов "подвешенные" в теле насыпи оказывают наименьшее тепловое влияние на основание. Отсутствие котлованов позволяет сохранить грунты в мерзлом состоянии. Этому также способствует устройство прослойки из пенопласта. Укрепление русла матрацами рено, уложенными на геотекстиль не позволяют воде проникать под трубу.

Условные обозначения

- ВГММГ после строительства автомобильной дороги
- ВГММГ до строительства автомобильной дороги
- Нетканый геотекстильный материал
- Геомембрана
- Махо-торфяной слой

Выравнивание продольного профиля

Выравнивание просядок однородным грунтом



Выравнивание деформированной насыпи. При исключении фильтрации воды в насыпь, необходимо выполнить ремонт рабочего слоя в местах просядок. Обеспечить ровность покрытия. Отсутствие прогретой воды в насыпи - условие при котором можно прогнозировать относительную стабилизацию мерзлотных процессов в основании насыпи.

				ВКР - 08.03.01.00.15-2017				
				Сибирский Федеральный Университет Инженерно-строительный институт				
Изм	Лист	№ документа	Подпись	Дата	Решит особо-сложные участки автомобильной дороги длиной - 4 км в I дорожно-климатической зоне	Стадия	Лист	Листов
Разраб		Транин А.Б.				У	3	5
Руководитель	Серватинский В.В.				Мероприятия по прекращению фильтрации воды в насыпь	Кафедра АДЦГ		
Виб. кафедры	Серватинский В.В.							



# Технологическая схема потока

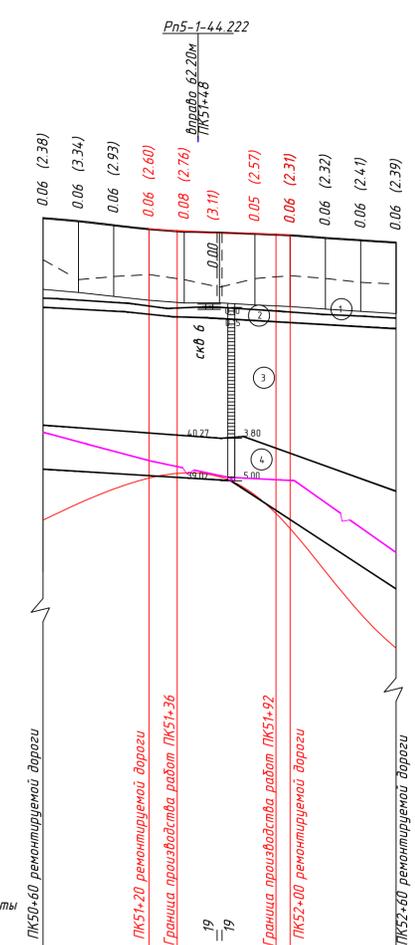
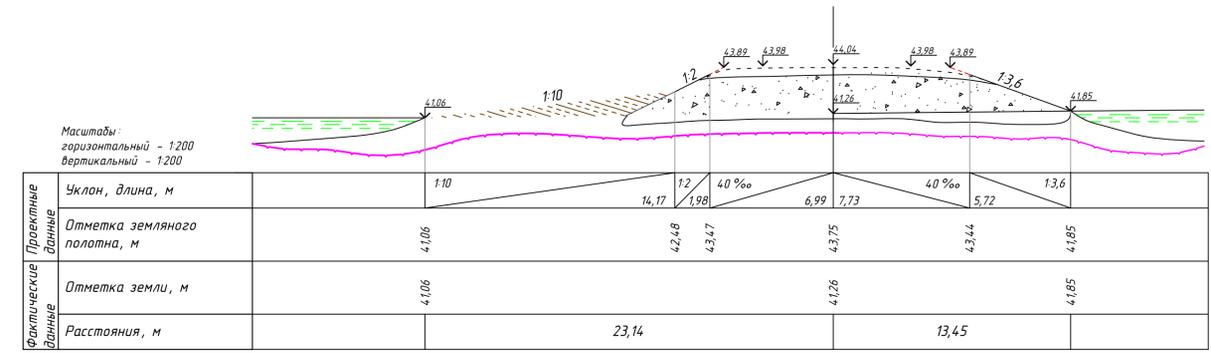
## Выравнивание верха земляного полотна

№ захватки	1	2
Наименование технологической операции	1. Разорка существующей дорожной одежды дорожной фрезой 2. Транспортировка ее к местам складирования	3. Транспортировка крупнообломочного грунта с глинистым заполнителем автосамосвалом 4. Разравнивание крупнообломочного грунта с глинистым заполнителем бульдозером 5. Уплотнение крупнообломочного грунта с глинистым заполнителем
Длина захватки	80 м	80 м
Направление потока	←	
Потребные ресурсы	Исполнители	3. Водитель автосамосвала 4. Машинист 6-го разряда 5. Машинист 6-го разряда
	Машины	3. Автосамосвал КамАЗ-65115 4. Бульдозер Т-130 5. Виброкаток ДУ-85
	Материалы	1. Крупнообломочный грунт с глинистым заполнителем
	Иллюстрация	

## Устройство дорожной одежды

№ захватки	1	2
Наименование технологической операции	1. Транспортировка щебня С4 и С6 автосамосвалами 2. Разравнивание щебня бульдозером 3. Доувлажнение щебня полумоющей машиной 4. Уплотнение щебня виброкатком	5. Транспортировка а/б смеси автосамосвалами и выгрузка ее в бункер асфальтоукладчика 6. Укладка а/б смеси асфальтоукладчиком 7. Уплотнение а/б смеси комбинированными гладковальцовыми катками
Длина захватки	80 м	80 м
Направление потока	←	
Потребные ресурсы	Исполнители	4. Машинист 6-го разряда 5. Водитель автосамосвала 6. Машинист 6-го разряда 7. Машинист 4-го разряда
	Машины	4. Виброкаток ДУ-85 5. Автосамосвал КамАЗ-65115 6. Асфальтоукладчик Voegel Super 1600 7. Комбинированный гладковальцовый каток ДМ-64
	Материалы	3. Асфальтобетонная смесь Тип Б марка II
	Иллюстрация	

# Поперечный профиль ПК 51+50



№ ИГЭ	Наименование ИГЭ
1	Асфальт
2	Насыпной песчаный грунт с сульфатным заполнителем твердой консистенции
3	Насыпной щебенчатый грунт с суглинистым заполнителем твердой консистенции
4	Суглинок мерзлый, слабодыстый (и<0,20 в.ед)

Проекционные данные	Уклон, %	9	12	11	9	8	6	
	вертикальная кривая, м	20	20	20	9	20	20	20
Фактические данные	Отметка оси дороги, м	45.16	44.99	44.76	44.54	44.41	44.33	44.27
	Отметка оси проезжей части, м	45.10	44.93	44.70	44.48	44.33	44.22	44.13
	Отметка земли, м	42.78	41.65	41.83	41.94	41.65	41.22	41.71
	Расстояние, м	20	20	20	20	20	20	20
Пикет		1						
Элементы плана		Километры						