

**Министерство образования и науки Российской Федерации**  
 Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
 высшего образования  
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
 ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт природных ресурсов  
 Направление подготовки (специальность) 21.03.01 «Нефтегазовое дело»  
профиль «Эксплуатация и обслуживание объектов транспорта и хранения нефти, газа и  
продуктов переработки»  
 Кафедра Транспорта и хранения нефти и газа

**БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА**

Тема работы
«Анализ конструкций дорожного полотна для подъезда техники труднодоступных местах при ремонте нефтепровода »

УДК 622.692.4.07:625.1

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2Б2А	Леонов Д. А.		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Саруев А.Л.	к.т.н, доцент		

**КОНСУЛЬТАНТЫ:**

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Романюк В. Б.	к.т.н, доцент		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Петров П. П.	к.т.н, доцент		

**ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:**

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ТХНГ	Рудаченко А.В.	к.т.н, доцент		

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования

**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт природных ресурсов  
Кафедра транспорта и хранения нефти и газа

Специальность: Эксплуатация и обслуживание объектов транспорта и хранения нефти, газа и  
продуктов переработки

**УТВЕРЖДАЮ**  
**Зав. кафедрой**

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
(подпись) ( ф.и.о.)  
\_\_\_\_\_ 2016г.

**ЗАДАНИЕ**

**по выполнению выпускной квалификационной работы  
на соискание квалификации инженер**

Студенту гр. 2Б2А Леонову Дмитрию Андреевичу  
(ф.и.о.)

**«Анализ конструкций дорожного полотна для подъезда техники в труднодоступных  
местах при ремонте нефтепровода»**  
(тема выпускной квалификационной работы)

Срок сдачи студентом готовой работы « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2016г.

**1. Исходные данные к работе:**

Сведения полученные с применением интернет-технологии  
Фондовые материалы ООО «ТомскНИПИнефть»  
Научно-техническая литература

**2. Содержание расчетно-пояснительной записки (перечень подлежащих разработке  
вопросов)**

- Общая часть
- Основная часть
- Технологические расчеты
- Экономическая часть
- Производственная безопасность
- Экологическая безопасность
- Заключение
- Литература
- Приложение

**3. Перечень графических материалов**

3.1. Лежневые дороги для условия болот I и II типа

- 3.2.Сборно-разборные дорожные конструкции
- 3.3.Поперечные профили зимников
- 3.4.Схемы съезда с грунта на лед
- 3.5.Конструкция переезда через малые водотоки
- 3.6.Конструкции земляного полотна

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2016г.

(Дата выдачи задания)

**Руководитель** \_\_\_\_\_

( Подпись)

**Задание принял к исполнению** \_\_\_\_\_

( Подпись)

## РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа страница, рисунков, таблиц, 32 источник.

МАГИСТРАЛЬНЫЙ НЕФТЕГАЗОПРОВОД, ДОРОЖНОЕ ПОКРЫТИЕ, ВИДЫ ПОКРЫТИЙ, ЗЕМЛЯНОЕ ПОЛОТНО, ЗИМНИКИ, МЕТОД ВЫТОРФОВЫВАНИЯ, БЕЗОПАСНОСТЬ, ЭКОЛОГИЯ, ЭКОНОМИКА, TEMPORARY ROAD .

Объектом исследования являются методы закрепления грунтов и конструкции дорожного полотна для подъезда техники к труднодоступным местам нефтегазопровода. Рассмотрены временные дорожные покрытия, такие как деревогрунтовые, сборно-разборные, зимние, ледовые, насыпи с применением геотекстиля и новые конструкции. В свою очередь зимние поделены на снежно-уплотненные и снежно-ледяные. Рассмотрены технологии выполнения и организация работ для переходов через малые водотоки, лежневых дорог на участках с грунтом низкой несущей способности, земляного полотна на участках распространения глинистых грунтов повышенной влажности. Приведена технология сооружения земляного полотна на вечной мерзлоте. Показаны конструкции зимников, а также укрепления дорог

различными методами. И разобраны сооружения земляного полотна на замороженных основаниях и на болотах методом выторфовывания. Далее проведены технологические и экономические расчеты, и представлена производственная и экологическая безопасность.

Цель работы – провести анализ конструкций дорожных покрытий.

Дипломная работа выполнена в текстовом редакторе Microsoft Word 7.0. и представлена на CD-диске в конверте.

## Содержание

Аннотация	7
Введение	8
1. Анализ методов прокладки дорог к труднодоступным местам магистрального трубопровода	10
2. Основные конструкции и методы сооружения временных дорог	16
2.1. Лежневые дороги на участках с грунтом низкой несущей способности	17
2.1.1. Организация и технология выполнения работ	17
2.1.2. Анализ необходимости временных дорог при ремонтно- восстановительных работах в условиях заболоченной местности	23
2.1.3. Потребность в лесоматериалах	26
2.1.4. Техника безопасности	26
2.2. Основные конструкции применяемых сборно-разборных покрытий	27
2.2.1. Организация и технология строительства временных дорог с деревогрунтовой дорожной одеждой	41
2.3. Зимние дороги	47
2.3.1. Сооружение земляного полотна на промороженных основаниях	49
2.3.2. Сооружение земляного полотна на болотах методом выторфовывания	51
2.3.3. Конструкции зимников	54
2.4. Снежно-ледяные дороги	62
2.5. Укрепление дорог методами химического укрепления грунтов	67
2.6. Земляное полотно на вечномерзлых грунтах	71
2.6.1. Сооружение земляного полотна на вечной мерзлоте	71
2.7. Переходы через малые водотоки	76
2.7.1. Организация и технология выполнения работ	76
2.7.2. Потребности в материалах	80
2.8. Конструкции насыпей на болотах с применением геотекстиля	81
2.9. Земляное полотно на участках распространения глинистых грунтов повышенной влажности	84
3. Новые конструкции покрытий	87
3.1. ПДПУ (плита дорожная универсальная)	89
4. Технологические расчеты	94
4.1. Расчет проходимости различной техники и транспортных средств в зимнее	108
4.2. Методика и расчет конструкций временной дороги из лесоматериала в заболоченной	111
5. Экономическая часть	117
5.1. Общие данные	117

<u>5.2.Норматив постоянных эксплуатационных затрат</u>	<u>126</u>
<u>5.3.Норматив заработной платы рабочих, управляющих бульдозером Д355</u>	<u>127</u>
<u>5.4.Норматив затрат на замену запасных частей</u>	<u>127</u>
<u>5.5.Норматив затрат на энергоносители</u>	<u>128</u>
<u>5.6.Норматив затрат смазочных материалов и гидравлической жидкости</u>	<u>128</u>
<u>5.7.Норматив затрат на все виды ремонтов бульдозера Д355</u>	<u>129</u>
<u>6. Производственная безопасность при проведении строительных и ремонтных работ</u>	<u>132</u>
<u>6.1. Анализ вредных производственных факторов и обоснование мероприятий по их устранению</u>	<u>133</u>
<u>6.2. Анализ опасных производственных факторов и обоснование мероприятий по их устранению</u>	<u>138</u>
<u>7. Экологическая безопасность</u>	<u>143</u>
<u>7.1. Охрана окружающей среды при производстве строительного-монтажных работ</u>	<u>143</u>
<u>7.2. Безопасность в чрезвычайных ситуациях</u>	<u>145</u>
<u>Заключение</u>	<u>146</u>
<u>Список использованной литературы</u>	<u>148</u>

## Аннотация

В данной выпускной квалификационной работе рассматриваются вопросы, связанные с прокладкой дорожного полотна для строительства и ремонта магистрального нефтепровода в труднодоступных местах. А именно:

- Проведен анализ технологий и методов укрепления грунтов при строительстве дорог в труднодоступных местах;
- Рассмотрены конструкции дорожных полотен для подъезда техники в труднодоступных местах нефтегазопровода;
- Разобраны технологии выполнения и организации работ для различных земляных полотен;
- Проведен выбор оборудования и технологической оснастки при строительстве нефтепроводов на болотах второго и третьего типов;
- Рассмотрены мероприятия по производственной и экологической безопасности при проведении работ по строительству временных дорожных покрытий.

Целью работы является рассмотрение конструкций дорожных покрытий и анализ эффективности их применения.

## **Введение**

Современные экономические условия поставили ряд проблем отрасли строительства предприятий нефтяной и газовой промышленности: ускорение темпов, ликвидация сезонности и повышение качества трубопроводного строительства.

Комплексное решение этих проблем может быть выполнено на основе системного анализа и зависит, прежде всего, от принятия оптимальных проектных решений, принятия новых материалов и конструкций, повышения уровня механизации, разработки и внедрения более современной технологии производства работ, а также прогрессивных форм организации строительства мощных трубопроводных систем.

Освоение месторождений нефти и газа, расположенных в районах Крайнего Севера и Сибири, обусловило необходимость проектирования и строительства трубопроводов в самых разнообразных топографических, гидрогеологических и климатических условиях. Наряду с участками, сложенными грунтами, обладающими большой несущей способностью, вдоль трассы часто встречаются участки с грунтами малой несущей способности, а также болотистые участки, участки многолетнемерзлых грунтов и др. Наличие их осложняет как процесс строительства, так и работу в процессе эксплуатации.

Протяженность магистральных трубопроводов России составляет 218,9 тыс. км, в том числе газопроводов - 151 тыс. км, нефтепроводов - 48,6 тыс. км, нефтепродуктопроводов - 19,3 тыс. км.

Большинство объектов нефтегазотранспортной системы РФ вводились в эксплуатацию в 60—70-х годах прошлого столетия. Длительная эксплуатация трубопроводов приводит к увеличению вероятности усталостного разрушения металла труб и оборудования. Кроме указанного, к техническим причинам отказов в линейной части МНГ можно отнести воздействие коррозии и человеческий фактор. Что в свою очередь способствует возникновению аварийных ситуаций.

Особые трудности возникают при ликвидации аварий в условиях болот. Современные аварийно-восстановительные службы могут за короткий срок ликвидировать аварию. В условиях болот этот срок увеличивается за счет дополнительных работ по сооружению подъездных путей, рабочих площадок и составляет до 60% времени, необходимого для восстановления трубопровода.

Для обеспечения подъезда и маневрирования технических средств при строительстве и аварийно-восстановительных работах на магистральных трубопроводах, проложенных в труднодоступных местах, сооружают временные подъездные дороги и рабочие площадки.

В данной выпускной квалификационной работе рассмотрены конструкции дорожных покрытий для подъезда техники при сооружении и обслуживании нефтепровода.

## **1. АНАЛИЗ МЕТОДОВ ПРОКЛАДКИ ДОРОГ К ТРУДНОДОСТУПНЫМ МЕСТАМ МАГИСТРАЛЬНОГО ТРУБОПРОВОДА**

Строительство и ремонт магистральных трубопроводов ведется в различных природно-климатических, гидро- и геокриологических условиях, сочетание которых в значительной мере предопределяет технологию выполнения земляных работ. Проведению основных земляных работ, как правило, предшествуют подготовительные работы. В осваиваемых нефтяных месторождениях Сибири и Севера европейской части страны, в большинстве своем нефтепроводы больших диаметров (1020, 1220 мм) проходят по болотистой местности. Протяженность участков болот, по которым проходят нефтепроводы, составляет десятки и сотни метров, а в отдельных случаях — десятки километров. Способы производства строительно-монтажных работ на болотах и в заболоченной местности должны определяться проектами организации строительства.

До начала сооружения переходов через болота должны быть решены вопросы обеспечения и организации строительства:

- выбор участков трассы для первоочередного строительства в зимнее и летнее время;
- выбора мест и устройства площадок для складирования материалов и базирования техники;
- разработки транспортной схемы завоза материалов;
- строительства временных технологических дорог и подъездов и др.;
- строительства лежневых дорог.

Подготовка к строительству трубопроводов в зимнее время на болотах заключается в предварительном промораживании торфяной залежи на глубину 0,8 - 1,0 м, устройстве на ней зимних проездов для автотранспорта и строительных машин. Строительно-монтажные работы в этом случае выполняются по технологическим схемам, применяемым для строительства трубопроводов на устойчивых минеральных грунтах.

В теплое время года разработку траншей на болотах, в зависимости от несущей способности торфяного покрова, типа и характеристик подстилающего грунта осуществляют:

- на болотах с несущей способностью 0,02 - 0,01 МПа (0,2 - 0,1 кгс/см<sup>2</sup>) специальными болотными одноковшовыми экскаваторами, устанавливаемыми на перекидных щитах, пеноволокушах или понтонах;

- на болотах с несущей способностью ниже 0,01 МПа (0,1 кгс/см<sup>2</sup>) - специальными болотными экскаваторами или обычными экскаваторами, устанавливаемыми на понтонах или пеноволокушах.

Сооружение переходов через болота методом сплава и протягиванием может осуществляться на болотах протяженностью до 100 метров и допускается только при надежном закреплении на трубопроводе перед протягиванием балластирующих устройств (навеска кольцевых пригрузов). При протягивании трубопроводов с отрицательной плавучестью и не требующих балластировки необходимо принимать меры по надежной защите изоляции от повреждения.

При строительстве в зимне-весенний период необходимо своевременно принять меры исключаящие:

- всплытие уложенных и не забалластированных в соответствии с проектными решениями участков трубопровода в период паводка;

- загрязнение полости трубопровода илом, песком и др.

В настоящее время существует большое число всевозможных классификаций болот. В соответствии со СНиП Ш-42-80 "Правила производства и приемки работ. Магистральные трубопроводы" болота по характеру передвижения по ним строительной техники делятся три типа:

**I тип** — болота, целиком заполненные торфом, допускающие работу и неоднократное передвижение болотоходной техники с удельным давлением 0,02...0,03 МПа или работу обычной техники при использовании щитов, сланей или дорог, обеспечивающих снижение удельного давления на поверхности залежи до 0,02

**II тип** — болота, целиком заполненные торфом, допускающие работу и передвижение строительной техники только по щитам, сланям или дорогам, обеспечивающим снижение удельного давления на поверхности залежи до 0,01 МПа;

**III тип** — болота, заполненные растекающимся торфом и водой с плавающей торфяной коркой, допускающие работу только специальной техники на понтонах или обычной техники с плавающих средств.

Временные дороги предназначены для бесперебойного подвоза материалов, машин, оборудования и прохождения строительной техники в течение всего периода строительства, в любое время года и при любой погоде (ВСН 2-105-78 «Инструкции по строительству временных дорог для трубопроводного строительства в сложных условиях (на обводненной и заболоченной местности)).

Временные дороги для трубопроводного строительства подразделяются:

**вдольтрассовые** - предназначены для организации перевозок строительных грузов вдоль трассы сооружаемого трубопровода, для перебазировки строительных подразделений, транспортировки грузов к строящимся наземным объектам (КС и НС), перевозки рабочих, связи между объектами (например, между промыслами или строительными площадками внутри промыслов) и оперативного контроля за ходом работ. Вдольтрассовая дорога располагается в непосредственной близости от трассы трубопровода на всем его протяжении, имеет необходимое количество съездов к трассе трубопровода;

**подъездные** - предназначены для связи пунктов поступления строительной техники и материалов с местами базирования механизированных колонн и строительного-монтажных участков, полевых жилых городков, а также строительных подразделений с местами производства работ на трассе трубопровода. К подъездным относятся также дороги к карьерам строительных материалов, предприятиям стройиндустрии;

**технологические** - предназначены для прохождения строительной техники механизированных колонн. Эти дороги рассчитаны на непродолжительную эксплуатацию, обеспечивают производство строительномонтажных работ при строительстве линейной части магистральных трубопроводов, искусственных сооружений, внутрипромысловых и других объектов. Съезды от вдольтрассовой дороги также относятся к технологическим дорогам.

Техническая классификация дорог для трубопроводного строительства представлена в табл. 1 Таблица 1

Расчетная скорость движения, км/ч	Расчетная грузонапряженность, млн. т брутто/год	Характеристика дорог		Интенсивность движения транспорта, единиц/сут.
		по назначению	по типу движущегося транспорта	
70	3,0-10,0	Подъездные, вдольтрассовые	Автомобильные	1000-3000
50	0,6-3,0	То же	То же	200-1000
35	0,3-0,6	То же	То же	до 200
15	до 0,3	Подъездные, технологические	Автомобильные, автотракторные, тракторные	до 200

Временные дороги должны иметь следующие технические параметры:

- ширину проезжей части - 4,5 - 9 (10)\* м;
- ширину земляного полотна - 8 - 13 (15) м;

– минимальный радиус поворота в плане при перевозке длинномерных грузов (плетей труб) - 120 (60);

\* В скобках приведены размеры для технологических дорог.

– предельный продольный уклон дороги - 8 %.

При расчете конструкции временных дорог учитываются следующие нормативные нагрузки:

– колесная - 80 т;

– осевая - 20 т;

– гусеничная - 60 т;

– максимальная гусеничная - 120 т;

– нормативное удельное давление на грунт от гусеничной нагрузки - 2,8 кгс/см<sup>2</sup>;

– максимальное удельное давление на грунт от гусеничной нагрузки - 4 кгс/см<sup>2</sup>.

При строительстве временных дорог следует руководствоваться следующими документами по технике безопасности:

СНиП III-A.II-70 «Техника безопасности в строительстве». М., Госстрой СССР, 1975;

Правилами техники безопасности при строительстве магистральных стальных трубопроводов, М., «Недра», 1972;

Правилами техники безопасности при строительстве и ремонте городских дорог, мостов и набережных. М., Госстройиздат, 1964;

Правилами устройства и безопасной эксплуатации грузоподъемных кранов, М., «Недра», 1970.

Руководство по охране труда и ответственность за обеспечение условий для соблюдения требований охраны труда в специализированных подразделениях возлагаются на начальников и главных инженеров этих организаций. На местах работ ответственность за соблюдение этих требований несут начальники участков, колонн, прорабы и мастера

## **2. ОСНОВНЫЕ КОНСТРУКЦИИ И МЕТОДЫ СООРУЖЕНИЯ ВРЕМЕННЫХ ДОРОГ**

На обводненных участках и болотах I и II типов применяют следующие временные дорожные конструкции [ВСН 2-105-78]:

### ***Дороги с покрытием низшего типа:***

- *деревоземные(лежневые);*
- *сборно-разборные (колейные и сплошные) с деревянным покрытием;*
- *зимние;*
- *ледовые переправы.*
- *из грунтов, улучшенных добавками;*

### ***Грунтовые дороги без покрытия (земляное полотно)***

### ***Дороги с покрытием переходного типа:***

- *гравийные и щебеночные;*
- *сборные с покрытием из железобетонных плит.*

### **2.1. Лежневые дороги на участках с грунтом низкой несущей способности**

Рассматриваются 2 варианта конструкций временных лежневых дорог общей шириной 8,5 м и шириной проезжей части 5,5 м:

I вариант – лежневые дороги по болотам I типа без основания из хворостяной выстилки и защитным грунтовым слоем;

II вариант - лежневые дороги по болотам II типа с основанием из хворостяной выстилки и защитным грунтовым слоем.

При разработке технологической карты приняты следующие исходные данные:

работы по устройству лежневой дороги выполняются в летнее время на участках, соответствующим болотам I и II типа.

В состав работ, рассматриваемых картой, входят:

- укладка продольных лежней по профилю дороги;

- укладка лаг поперечного настила (накатник);
- укладка колесоотбойных брусьев;
- забивка скоб для связки колесоотбойных брусьев и крепление их с крайними продольными лежнями скрутками;
- разравнивание бульдозерам защитного слоя грунта (минерального дренирующего слоя) толщиной 0,3 – 0,5 м.

Для варианта II (болота второго типа) добавляется работа по укладке хворостяной выстилки слоем 20 – 30 см с проминкой хворостяной выстилки гусеницами трелевочного трактора за 10 проходов.

В составе работ для вариантов I и II не рассматриваются работы по заготовке лесоматериалов.

### **2.1.1. Организация и технология выполнения работ**

Выполнению работ по сооружению дорог лежневого типа предшествует комплекс организационно – подготовительных мероприятий и работ:

- назначения лица, ответственного за качественное и безопасное производство работ;
- разбивка и закрепление оси дороги на всю длину участка, порученного для строительства данному подразделению;
- расчистка полосы отвода от леса и кустарника, срезка пней в уровень с землей;
- получение разрешения на рубку леса от лесохозяйственных органов;
- обозначение на местности колышками или вехами проектной оси трубопровода и ближайшей к ней кромки настила сооружаемой лежневой дороги;
- подготовка вдольтрассового проезда до болота или отдельного заезда с существующих дорог на трассу к болоту;
- доставка на трассу к месту работ и укладка в штабеля по сортаментам лесоматериалов;
- доставка к месту работ механизмов, инструмента и инвентаря;

- получение производственно – технической документации;
- получение проекта производства работ (технологической карты) и ознакомления с документами членов бригады;
- установка в непосредственной близости от места работ вагончика для отдыха людей, хранения инструментов и инвентаря;
- обеспечение рабочих мест бригады средствами первой медицинской помощи, питьевой водой, противопожарным оборудованием;
- инструктаж членов бригады по техника безопасности и производственной санитарии.

Устройство временных технологических дорог лежневого типа для вариантов I и II.

Сооружение лежневой дороги ведут методом наращивания с подвозом лесоматериала трелевочным трактором по готовому настилу дороги. Работы выполняются захватками, равными по длине шагу продольных лежней.

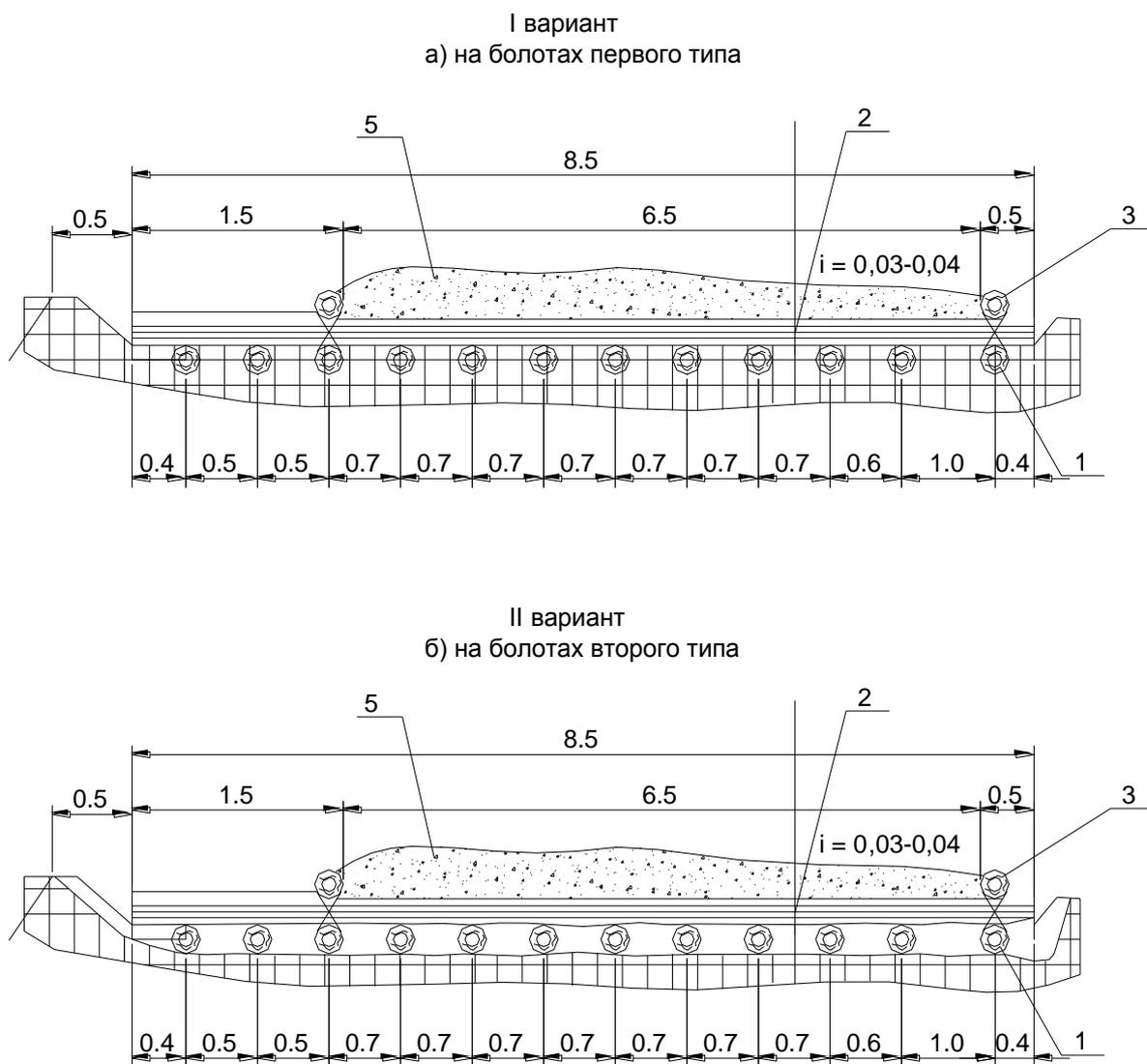
Для варианта II цикл работ на захватке начинается с устройства подстилающего слоя основания лежневой дороги. Подстилающий слой основания дороги (хворостяная выстилка) устраивают в два слоя. Работы по устройству каждого слоя осуществляют в два этапа: сначала хворост в ручную укладывают на торфяную поверхность, а затем уплотняют гусеницами трелевочного трактора. Толщина каждого слоя выстилки до уплотнения должна составлять 30 – 35 см, после уплотнения 10 – 15 см. Хворост в нижнем слое располагают перпендикулярно дороге, а в верхнем – параллельно. Для выстилающего слоя используют кустарник, подлесок и порубочные остатки. [9,Фондовые материалы НИПИнефть]

По окончании устройства хворостяной выстилки приступают к работам по сооружению деревянного настила дороги, а для варианта I начинается цикл работ по захватке. Карта предусматривает применение деревянных

элементов дороги (продольных и поперечных лаг, прижимных брусьев), которые имеют одинаковые размеры: длина бревен соответственно ширине лежневой дороги – 8,5 м, диаметром в верхнем отрубе 16 – 18 см. Продольные лаги (лежни) укладывают на поверхность болота (для варианта I) или на хворостяную выстилку (для варианта I). Раскатку по уложенным продольным лагам разгруженных бревен настила, доставленных трелевочным трактором, производят опущенным щитом трактора, перемещающегося задним ходом. Укладку бревен по месту с подгонкой производят с помощью крюков. Лаги укладывают вплотную друг к другу комлями в разные стороны (на поворотах комли укладываются в сторону внешнего радиуса дороги). На поперечные лаги в соответствии с размером конструкции лежневой дороги укладывают прижимные (колесоотбойные) брусья. Через каждые 2 метра прижимные брусья скрепляют с крайними лежнями проволочными скрутками. Приготовленную проволоку необходимо отжечь и разрезать на двухметровые отрезки. Для скруток употребляется проволока диаметром 6 мм в две нитки. Бревна к месту работы доставляет машинист трелевочного трактора. Объем вывозки за один рейс должен быть равен числу продольных лежней в одной захватке плюс два бревна на устройство отбойных брусьев. Для поперечного настила объем вывозки за один рейс должен быть равен количеству бревен, рассчитанного на длину захватки.

Вариант II предусматривает устройство защитного покрытия деревянного настила из привозного дренирующего грунта, укладываемого слоем толщиной 30 – 50 см, которому придается односкатный поперечный профиль с уклоном 0,03 – 0,04 в сторону, противоположную оси траншеи. Работы по устройству защитного слоя осуществляют бульдозером путем разравнивания, профилирования и уплотнения грунта. При разравнивании бульдозер захватывает в отвал 3 – 4 м<sup>3</sup> грунта и перемещает его по настилу, оставляя слой толщиной 30 – 50 см. Профилирование производят ножом отвала, установленным наклонно, а уплотнение – гусеницами

бульдозера (за один проход по каждому месту дороги) и колесами сомосвалов, подвозящих грунт. Грунт на настил доставляется самосвалом и укладывается призмами по правой и левой стороне дороги через каждые 10 метров.



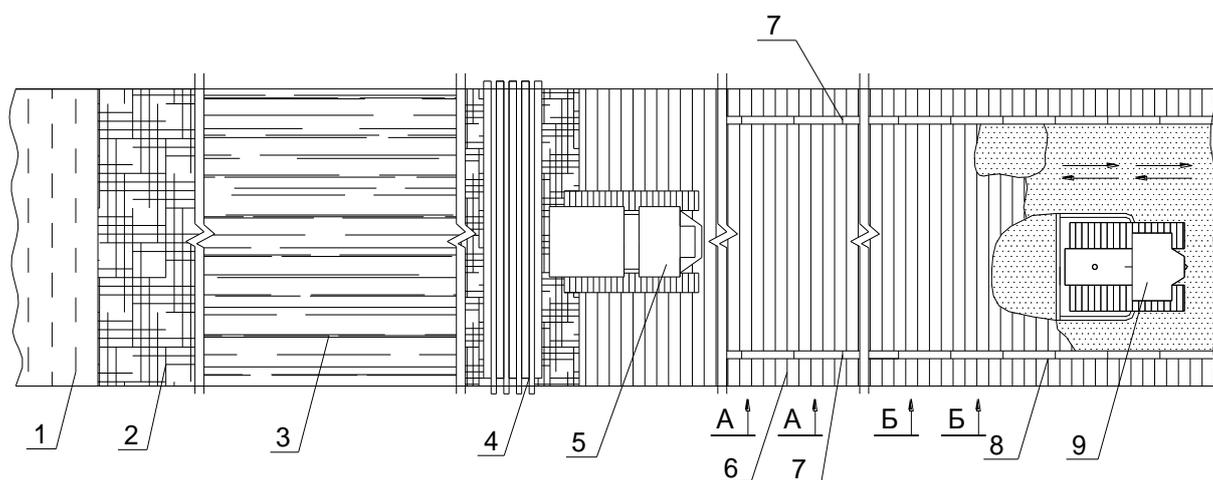
*Рис.1. Конструктивные схемы технологических лежневых дорог[9].*

- |                             |                                    |
|-----------------------------|------------------------------------|
| 1. Продольные лежни         | 4. Хворост и лесосечные отходы     |
| 2. Лаги поперечного настила | толщиной 20 – 30 см в плотном теле |

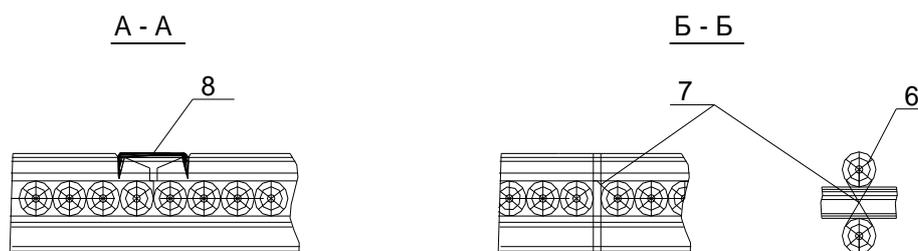
3. Отбойный брус  
 дренажирующего грунта толщиной 30 – 50 см

5. Слой минерального

Схема производства работ по устройству лежневой дороги для вариантов I и II представлена на рис.2.



Зона А. Устройство подстилающего слоя (хворостяной подстилки)	Укладка продольных лаг  Зона Б. Устройство деревянного настила	Укладка поперечных лаг (накатника)	Скрепление деревянных элементов через 2 м	Зона В. Устройство защитного грунтового слоя
--	--	------------------------------------	---	--



*Рис.2. Схема устройства временной технологической дороги лежневого типа.*

Вариант I (зоны Б и В)

Вариант II (зоны А, Б и В)

1 – хворостяная выстилка;

2 – хворостяная выстилка в два слоя;

3 – продольные лаги (лежни);

4 – поперечные лаги (накатник);

5 – трелевочный трактор; 6 – прижимные (колесоотбойные) брусья;  
7 – проволочные скрутки; 8 – скоба; 9 – бульдозер.

Работы по устройству лежневых дорог выполняются звеном, состав которого представлен в таблице 2 :

*Таблица 2*

Специальность	Разряд	Кол – во, чел
Машинист трактора	6	1
Машинист бульдозера	6	1
Плотник	3	1
Подсобные рабочие	2	8

### **2.1.2. Анализ необходимости временных дорог при ремонтно-восстановительных работах в условиях заболоченной местности**

Анализ работ по ремонту нефтепроводов на болотах показывает, что основная часть работ по трудоемкости приходится на выполнение подготовительных операций, обеспечение подъезда к месту аварии и доступа к поврежденному участку нефтепровода.

Для наиболее быстрого и эффективного ремонта нефтепроводов, проложенных на болотах, разработан комплекс технических средств. Он включает в себя технические средства, обеспечивающие сооружение подъездных путей и ремонтных площадок; создание ремонтного котлована вокруг поврежденного участка; выполнение вскрышных земляных работ; откачку нефти из поврежденного участка нефтепровода и закачку собранной нефти в отремонтированный нефтепровод; безогневую резку труб; замену дефектного участка без опорожнения трубы от нефти. Применение комплекса технических средств позволяет повысить

производительность труда ремонтных работ, сократить сроки на ликвидацию аварии.

Временные дорожные покрытия имеют особое значение при ликвидации аварий на магистральных трубопроводах. Ремонтные работы проводимые на заболоченных участках имеют свою особенность – большая водонасыщенность и малая плотность болотистых масс не позволяют устраивать ремонтные котлованы обычными способами из-за обрушения стенок, а сам котлован зачастую заполняется грунтовыми или поверхностными водами. Ремонт нефтепроводов на болотах имеет характерные особенности:

- ухудшением несущей способности поверхности болот при неоднократном проходе техники;
- обводненностью грунтов поверхностными и грунтовыми водами;
- невозможностью создания ремонтного котлована и котлована для сбора нефти обычным способом из-за неустойчивости грунтов;
- большой продолжительностью подготовительного периода аварийно-восстановительных работ, обусловленной большим объемом вытекающей нефти, загрязнением нефтью больших пространств и затруднением доступа к месту повреждения;
- ограничением возможности маневрирования технических средств в районе ремонтных работ из-за залесенности болотистых участков нефтепроводов;
- необходимостью использования в большом количестве стройматериалов для настилов на поверхности болота;
- большой трудоемкостью доставки ремонтной техники в район аварии.

Применение современных конструкций и технологий при строительстве временных дорог позволяет снизить затраты на ликвидацию аварий нефтепровода, а также сократить время его простоя.

Временные подъездные дороги позволяют соединить место размещения ремонтных технических средств с местом производства аварийных работ (рабочими площадками); сооружают их по кратчайшей прямой при благоприятных грунтово-геологических условиях. Подъездные дороги и рабочие площадки могут быть неразборными, сооруженными из насыпных грунтов или по принципу лежневых и сланевых дорог — из подручных материалов, а также разборными, сооруженными из инвентарных конструкций дорожных покрытий.

Устройство временных дорог из насыпных грунтов трудоемко, связано с большими затратами средств и времени. Строительство неразборных лежневых и сланевых подъездных дорог и рабочих площадок при ликвидации аварий на магистральных нефтепроводах - наиболее распространенный способ повышения несущей способности болот I и II типов в лесной зоне. Однако данный способ очень трудоемкий и требует больших затрат времени и значительных материальных ресурсов, в том числе древесины (от 1,3 до 3 тыс. м<sup>3</sup>/км). Поэтому при аварийно-восстановительном ремонте на болотах рационально использовать высокопроходимую технику или сборно-разборные дорожные покрытия и рабочие площадки, имеющие достаточную несущую способность и высокие темпы сборки.

### 2.1.3. Потребность в лесоматериалах

Потребность в лесоматериалах (заготовках), крепежных материалах и насыпном грунте для строительства 100 м лежневой дороги приведена в табл.3.

*Таблица*

3

Наименование	Ед. изм.	Количество	
		Вар I	Вар II
Лес круглый III сорта для продольных лежней и отбойных брусьев (L=6,5 – 7,5 м)	м <sup>3</sup>	59	59
Лес круглый III сорта для лаг поперечного настила	м <sup>3</sup>	115	115
Скобы строительные диаметром 12 мм	Кг	15	15
Проволока стальная диаметром 6 мм	М/	400/9	400/90
Хворост и лесосечные отходы	м <sup>3</sup>		95
Привозной грунт с дренирующими свойствами	м <sup>3</sup>	195	195

### 2.1.4. Техника безопасности

При производстве работ по строительству временных технологических дорог лежневого типа следует руководствоваться следующими нормативными документами[9]:

СНиП III-4-80\* "Правила техники безопасности при строительстве магистральных стальных трубопроводов", - М.: Недра, 1982;

СНиП III-42-80\* "Магистральные трубопроводы. Правила производства и приемки работ";

РД 102-011-89. "Охрана труда. Организационно – методические документы. Правила техники безопасности при строительстве магистральных стальных трубопроводов."

"Правила устройства и безопасной эксплуатации грузоподъемных кранов", - М.: Металлургия, 1981;

"Единые правила безопасности при геологоразведочных работах", Госгортехнадзор СССР, - М.: Недра, 1979;

"Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей и правила техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей", ПТЭ и ПТБ. - М.: Энергоатомиздат, 1986;

ГОСТ 12.2.012-75. БТ "Приспособление по обеспечению безопасного производства работ. Общие требования";

ГОСТ 12.3003-86. БТ "Работы электросварочные. Требования безопасности".

## **2.2. Основные конструкции применяемых сборно-разборных покрытий**

Анализ сборно-разборных дорожных покрытий показал, что в основном это конструкции колеяного и сплошного типа с шарнирно- или свободно объединенными элементами. Поэтому их применение ограничивается болотами I типа.

С учетом условий и специфики проведения аварийно-восстановительных работ на магистральных нефтепроводах, проложенных на болотах, было разработано несколько типов сборно-разборных дорожных покрытий и рабочих площадок: СРДП-1, СРНП-1, СРРП-2, СРПН-3.

Покрытие СРДП нашли широкое применение в военной промышленности (рис.3).

Источники информации: Технические средства тылового обеспечения. Справочник. Секирин М.М.; МО РФ - штаб тыла ВС; Воениздат; Москва, 2003г.

Технические характеристики применяемых покрытий:

Марка клефанерных плит из бакелизированной фанеры: ФБС, ФБВ,  
ФСР

Размеры плиты, мм:

- длина: 2100 - 2420

- ширина: 1000

- толщина: 60

Масса плиты, кг: 80 - 100

Способ соединения плит между собой: стыковые замки на торцевых  
гранях плит, замок состоит из вилки и кубовидного элемента

Количество плит на 1 км однопутной дороги, шт.:

- колейного покрытия: 800 - 920

- сплошного покрытия: 1200 - 1380

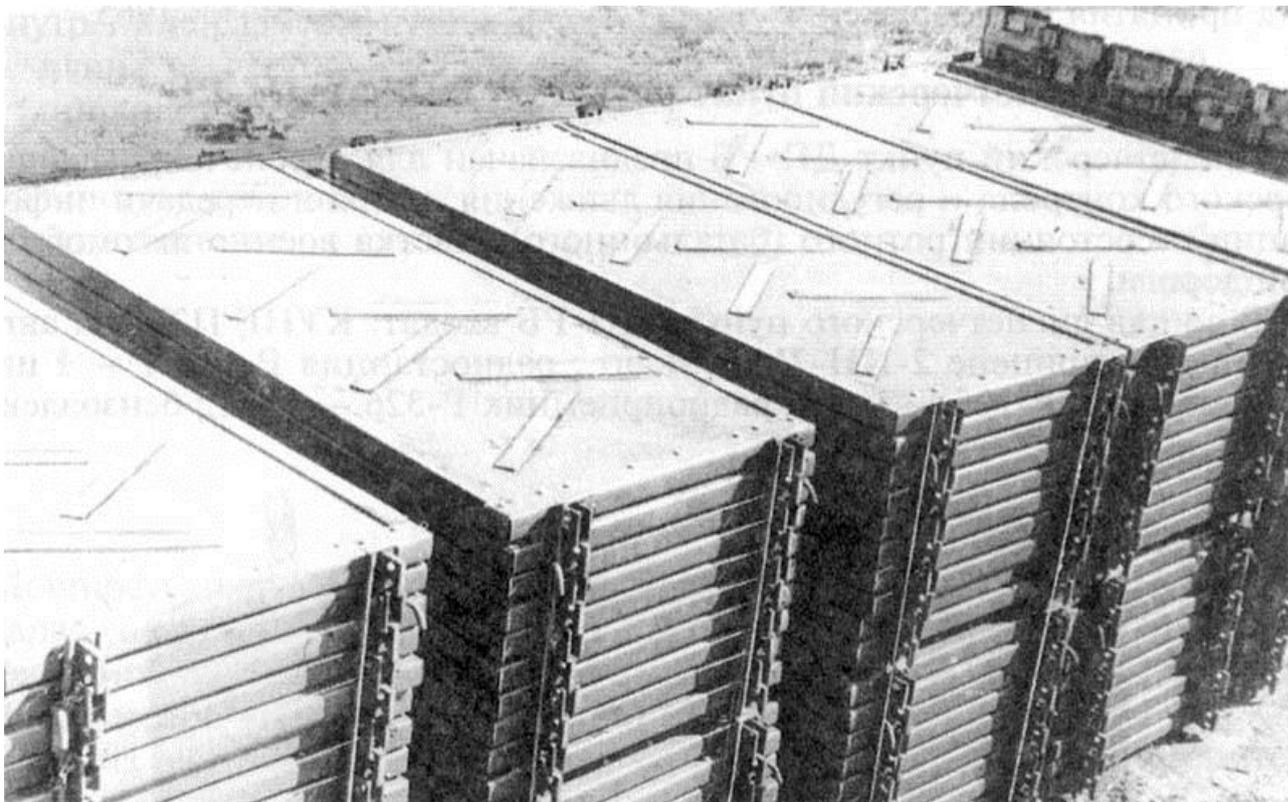
Количество автомобилей ЗИЛ-130 для перевозки 1 км покрытия, ед.:

- колейного: 20 - 23

- сплошного: 30 - 35

Темп сборки отделением, м/ч: 80 - 100

Год принятия на вооружение: 1965



*Рис.3 СРДП (Сборно-разборное дорожное покрытие).*

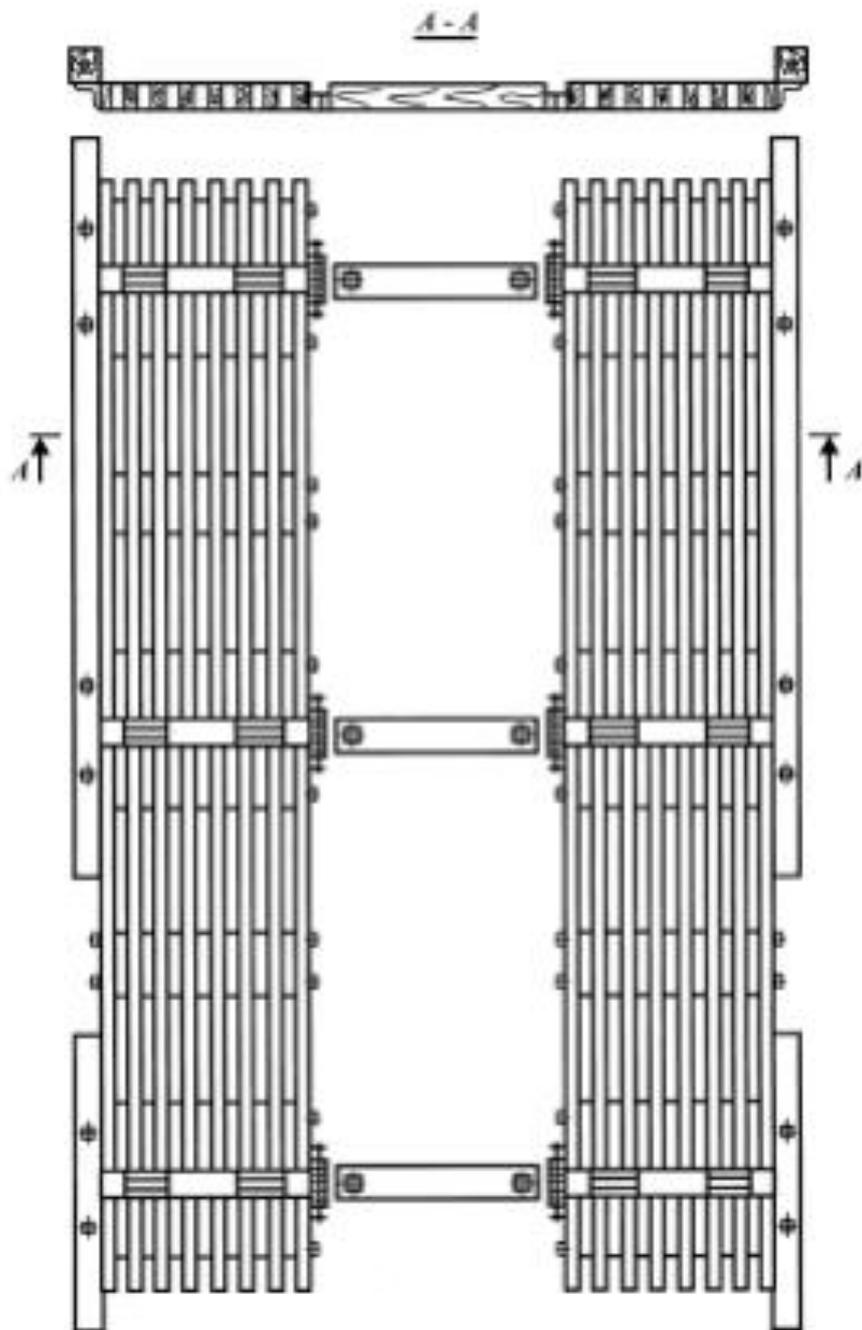
Сборно-разборные покрытия СРДП-1 и СРНП-1 наиболее перспективны для устройства временных подъездных путей, необходимых для проезда аварийной техники при ликвидации аварий на болотах I и II типов.

Сборно-разборное дорожное покрытие СРДП-1 (рис. 4) представляет собой решетчатый щит, состоящий из 9 основных и 24 закладных брусьев, стянутых между собой болтами. Соединение щитов осуществляется с помощью замков, выполненных из парных отрезков труб разной длины и диаметра с вырезанными секторами. Отрезки труб прикреплены к торцам посредством приваренных закладных пластин таким образом, чтобы в рабочем положении замковое соединение было неразъемным.

Техническая характеристика СРДП-1

*Ширина проезжей части, м.....*

	Общая ширина покрытия, м.....	
3,5		
	Высота	покрытия,
м.....	0,3	
	Размеры монтажных элементов, м:	
	длина и ширина щитов колеяного покрытия.....	2,2-
1,05		
	длина бруса:	
	колесоотбойного.....	3,5
	межколеяного.....	1,1
	Максимальная масса монтажных элементов покрытия, кг. ....	150
	Масса 1 м покрытия, кг.....	
175		
	Расход древесины на 1 пог. м покрытия, мЗ.....	0,23
	Расчетная колесная нагрузка, кН.....	200
	Время сборки 1 м покрытия, мин.....	3,0



*Рис. 4. Сборно-разборное дорожное покрытие СРДП-1*

Сборно-разборное несущее покрытие СРНП-1 (рис.5) состоит из поперечного настила, выполненного из брусьев сечением 15 x 15 см и

длиной 4,4 м, уложенного концами на нижние продольные лежни с шагом 60...70 см. Сверху на поперечный настил уложены верхние продольные элементы 3 (колесоотбои), которые расположены строго над нижними лежнями. Верхние и нижние продольные брусья сечением 15х15 см и длиной 5,0 м объединены между собой по длине с помощью металлических обойм, выполненных из швеллеров № 18 и стягивающих устройств в виде струбцин, которые установлены по краям обойм в местах стыка продольных брусьев и в каждой трети пролета, где прикреплены хомуты с крючьями на нижних продольных брусьях. Такое расположение стяжного устройства позволяет жестко защемить поперечный настил между верхними и нижними продольными брусьями, а узловое соединение продольных элементов, состоящее из нижних и верхних обойм и струбцин, придает конструкции неразъемность в продольном направлении. Это позволяет увеличить несущую способность конструкции и дает возможность применять ее на болотах I и II типов.

Проезд строительной техники осуществляется по колейному дощатому настилу, выполненному из досок длиной 5,0 м и сечением 15х6 см, сбитых попарно в щиты и уложенных на поперечные брусья. На каждую колею проезда предусмотрено два щита.

#### Техническая характеристика СРПП-1

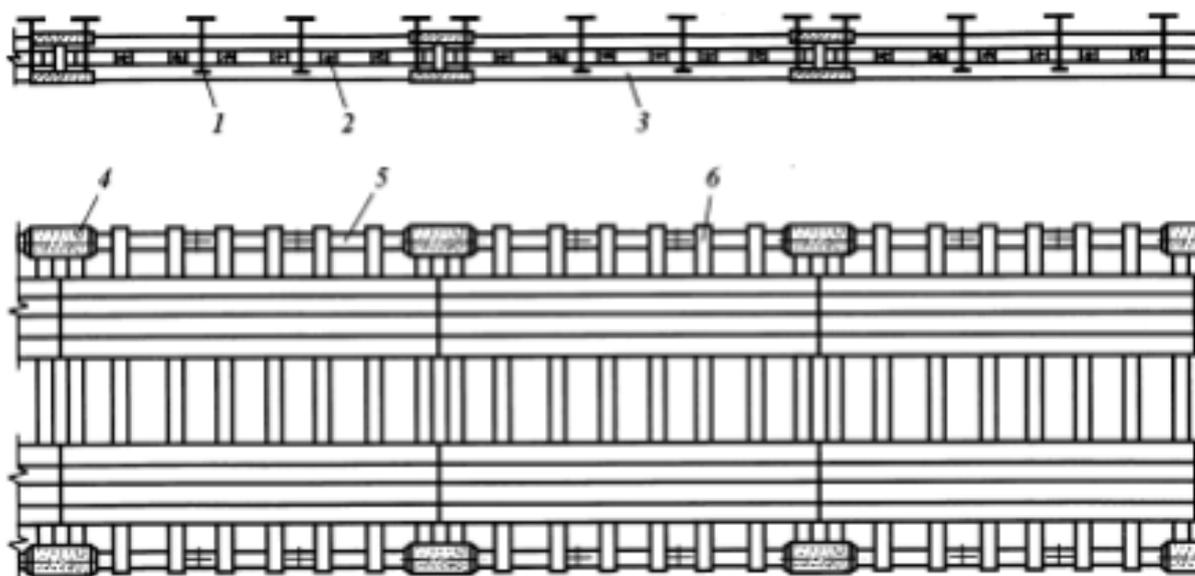
*Ширина проезжей части, м..... 4,0*

*Габариты секции несущего покрытия, м.....*  
*5,4х4,4х0,6*

*Размеры монтажных элементов, м: длина брусьев:*

*нижних продольных (металлические обоймы)..... 5,4*

*верхних продольных..... 5,0*



*Рис. 5. Сборно-разборное несущее покрытие СРНП-1:*

1 - струбцина; 2 - поперечный брус; 3 - нижний продольный брус; 4 - обойма; 5 - верхний продольный брус; 6 дощатый настил

*поперечных..... 4,4*

*щит колееного дощатого настила:*

*длина..... 5,0*

*ширина..... 0,35*

*Максимальная масса монтажных элементов покрытия, кг..... 85*

*Масса несущего покрытия, кг..... 242*

*Расход на 1м несущего покрытия:*

*древесины, мЗ\_..... 0,33*

*металла, кг..... 21*

*Максимальная нагрузка, кН:*

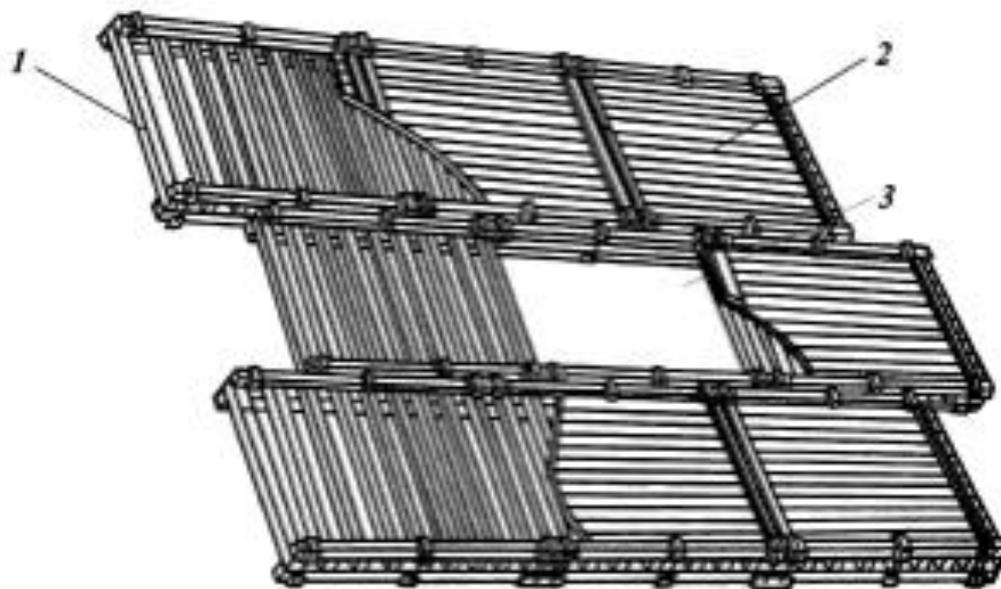
*колесная..... 200*

*гусеничная..... 365*

Сборно-разборная рабочая площадка СРРП-2 (рис.6) предназначена для размещения и маневрирования ремонтной техники и механизмов при проведении аварийно-восстановительных и ремонтно-профилактических

работ на магистральных нефтепроводах, проложенных на болотах I и II типов. Составные элементы СРРП-2 аналогичны элементам СРП-1.

В зависимости от вида повреждений, способов их устранения, грунтовых условий и используемой ремонтной техники из состава монтажных элементов СРРП-2 можно создать площадку любой формы (по обеим сторонам ремонтируемого трубопровода) с "окном" в середине Г-образной или П-образной формы).



*Рис.6. Сборно-разборная рабочая площадка СРРП-2: 1 - поперечный брус; 2 - продольный брус; 3 - окно*

#### Техническая характеристика СРРП-2

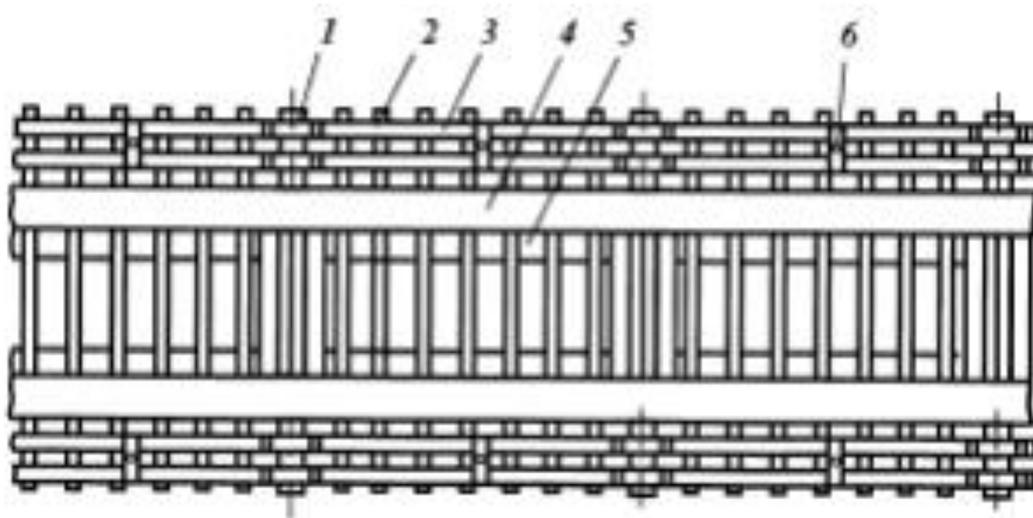
<i>Строительная высота м.....</i>	<i>0 47</i>
<i>Длина, м:</i>	
<i>продольных элементов.....</i>	<i>5,0</i>
<i>поперечных элементов .....</i>	<i>5,0</i>
<i>щита дощатого настила.....</i>	<i>5,0</i>
<i>обоймы.....</i>	<i>0,8</i>
<i>Максимальная масса монтажного элемента, кг.....</i>	<i>85</i>
<i>Расход материала на 1 м2:</i>	

древесины, мЗ.....	0,1
металла, кг.....	
2,2	
<i>Расчетная нагрузка, кН:</i>	
колесная.....	
200	
гусеничная.....	
250	
Время монтажа 100 м2 площадки бригадой из 8 чел., мин.....	88

Сборно-разборное несущее покрытие СРНП-3 (рис.7) предназначено для устройства временных подъездных дорог к нефтепроводам, проложенным на болотах III типа, а также для преодоления строительной техникой малых водных преград и участков болот с открытой водной поверхностью.

СРНП-3 дополнительно содержит выдвижные опорные стойки, закрепленные в направляющей трубе между спаренными верхними и нижними продольными брусками. На нижнем конце опорной стойки расположен шнек для ввинчивания ее в минеральное дно болота и увеличения площади опирания на грунт. Под поперечным настилом располагаются надувные эластичные камеры (подплавки), изготовленные из высокопрочной прорезиненной ткани. Продольные элементы объединяются между собой с помощью обжимных и стяжных устройств.

СРНП-3 может применяться на болотах любого типа, при этом на болотах I и II типов не требуется вводить подплавки и опорные стойки.



*Рис. 7. Сборно-разборное несущее покрытие СРНП-3\**

1 - верхний швеллер; 2 – поперечина; 3 - верхний продольный брус; 4-  
дощатый настил; 5 - подплавы; 6 - выдвижная стойка

Техническая характеристика СРНП-3

*Строительная высота, м..... 0,6*

*Длина, м:*

*нижних продольных брусьев со швеллером..... 5,4*

*верхних продольных брусьев.....,..... 5 0*

*поперечных брусьев.....,..... 5,0*

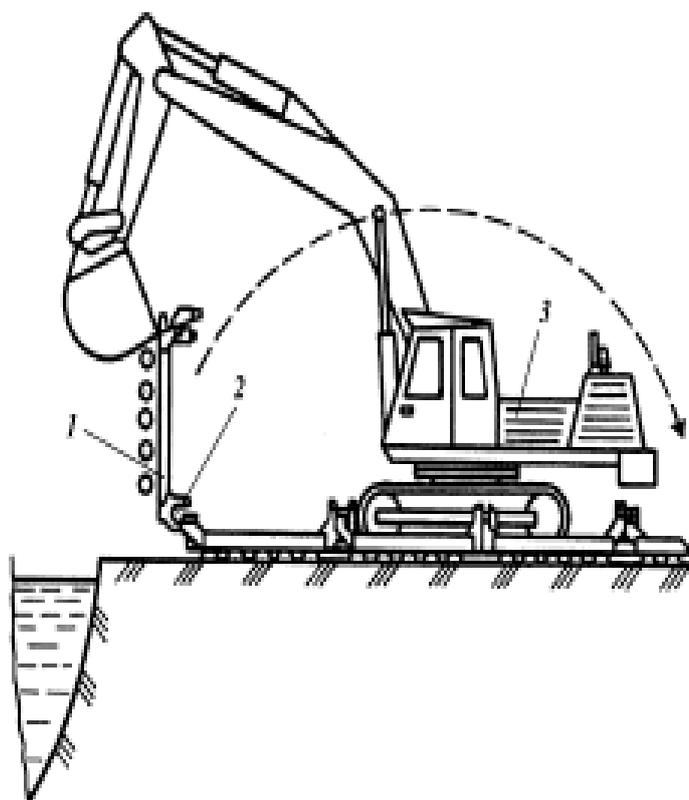
*щита колеинового настила..... 5,0*

*обоймы..... 0,8*

*Максимальная масса монтажного элемента, кг 85*

*Расход металла на 1 м<sup>2</sup> дороги, кг..... 6,0*

*Расчетная нагрузка, кН: колесная..... 100*



*Рис. 8 Покрытие сборно-разборное перекидное ПСРП-1*

1 - щит; 2 - быстроразъемный замок; 3 - экскаватор

Основные параметры щита

*Габаритные размеры, мм, не более:*

*длина..... 2470*

*ширина..... 5920*

*высота..... 870*

*Масса, кг, не более..... 1730*

*Грузоподъемность, кг, не менее..... 12 000*

Сборно-разборное перекидное покрытие ПСРП-1 предназначено для обеспечения прохождения одноковшовых экскаваторов на колесном ходу с массой не более 25 т по грунтам с малой несущей способностью при вскрытии нефтепроводов для ремонта. Покрытие (рис. 8) состоит из пяти одинаковых щитов, соединяемых между собой с помощью

быстроразъемных замков. Переукладка щитов и их соединение выполняются экскаватором (оборудованным обратной лопатой) с помощью стрелы и ковша.

Покрытие ПСРП-1 обеспечивает малое удельное давление на грунт (не более 0,018 МПа) и дает возможность наиболее экономично и с соблюдением требований охраны окружающей среды производить земляные работы в слабонесущих грунтах, болотах I типа.

Описанные конструкции покрытий для временных дорог СРДП-1, СРНП-1, СРНП-3, ПСРП-1 позволяют:

- сооружать временные дороги на болотах без специальной планировки поверхности болота и дополнительного устройства основания;
- улучшить проходимость транспортной техники;
- сократить трудоемкость монтажных работ при устройстве подъездных путей;
- уменьшить время проведения ремонтных работ и аварийного простоя нефтепровода.

Благодаря конструкции покрытий СРДП-1, СРНП-1, СРНП-3 и ПСРП-1 их возможно изготавливать в мастерских баз производственного обслуживания нефтепроводных управлений и применять как инвентарные табельные средства многократного использования.

Таблица 4

*Сводная таблица основных технических параметров сборно-разборных покрытий*

<b>Модель полотна</b>	<b>СРДП-1</b>	<b>СРНП-1</b>	<b>СРРП-2</b>	<b>СРНП-3</b>	<b>ПСРП-1</b>
<b>Характеристика</b>					
Ширина проезжей части, м	3,2	3,2	3,2	3,2	5,7
Максимальная колесная нагрузка, кН	200	200	200	100	Грузоподъемность: 25 т
Максимальная гусеничная нагрузка, кН	нет данных	365	250	150	
Масса покрытия, кг	175	242	нет данных	нет данных	1730
Максимальная масса монтажных элементов, кг	150 (1м)	85	85	85	
Габариты (ДхШхВ), м	3,5х3,2х03	5,4х4,4х0,6	5,0х5,0х,47	5,0х5,0х0,6	2,47х5,92х,87
Время сборки покрытия, мин	3	нет данных	88 (100 м <sup>2</sup> , бригада 8 чел.)	нет данных	нет данных

### **2.2.1. Организация и технология строительства временных дорог с деревогрунтовой дорожной одеждой**

Устройство деревогрунтовой дорожной одежды осуществляют в два этапа.

На первом этапе сооружают деревянную конструкцию деревогрунтовых дорожных одежд методом последовательного наращивания по длине. При этом работы должны производиться участками, равными шагу продольных лежней.

Продольные лежни и бревна сплошного поперечного настила транспортируют к месту производства работ трелевочным трактором. Продольные лежни укладывают с перекрытием на 0,75 - 1 м так, чтобы в одном поперечном сечении не находилось более одного стыка.

На продольные лежни раскладывают бревна сплошного поперечного настила, доставляемые трелевочным трактором по готовому настилу с загрузкой поперек наклонной платформы. Бревна настила плотно подгоняют друг к другу.

На прямых участках трассы комли бревен ориентируют в разные стороны, на кривых - в наружную сторону кривой.

После подгонки бревен поперечный настил обжимают шестьюдесятью проходами трактора со скоростью не более 3 км/ч по челночной схеме движения: первые - посередине настила, а затем по его краям.

Сверху над крайними продольными лежнями укладывают прижимные бревна, которые скрепляют с лежнями проволоочной скруткой через 2 - 3 м.

Прижимные бревна укладывают в одну линию с зазором между торцами 10 - 15 см для обеспечения стока воды.

Ко второму этапу сооружения деревогрунтовой дорожной одежды - устройству грунтового покрытия, приступают после окончания сооружения на всей длине трассы основания с деревянным настилом.

Для уменьшения расхода привозного дренирующего материала покрытия поперечный настил покрывают слаборазложившимся

длинноволокнистым торфом или мхом толщиной 5 - 10 см. Торф доставляют автосамосвалом, разгружают и равномерно распределяют бульдозером.

После распределения торфа отсыпают дренирующий слой грунта. Транспортируют и распределяют дренирующий материал автосамосвалами и бульдозерами. В процессе транспортировки, с целью уплотнения материала покрытия, на готовом участке необходимо регулировать движение автосамосвалов по всей ширине проезжей части.

При укладке деревогрунтовых одежд на участках болот I типа с рыхлым водонасыщенным грунтом и на болотах II типа в цикл технологических работ добавляют предварительную раскладку хворостяной выстилки.

Хворостяную выстилку устраивают по всей ширине дороги из порубочных остатков двумя слоями толщиной по 20 - 30 см, ориентируя при этом сучья в одном слое вдоль оси дороги, а в другом - перпендикулярно. После укладки выстилку уплотняют трелевочным трактором.

Для устройства деревогрунтовых дорожных одежд используют нестроевую древесину хвойных и лиственных пород без ограничения сортности, заготавливаемую при расчистке полосы отвода.

Для засыпки деревянного сплошного поперечного настила используют торфяные, дренирующие и слабодренирующие местные грунты, недренирующие местные грунты, улучшенные крупнозернистыми добавками, а также грунтовые оптимальные смеси.

Технологию устройства дорожной одежды со сборно-разборным деревянным покрытием назначают, исходя из конструкции дорожной одежды и оснащения строительного подразделения машинами и механизмами.

Для сооружения дорожной одежды следует применять автокраны грузоподъемностью не менее 2 т при вылете стрелы не менее 8 м, бортовые

автомашины типа КрАЗ, «Урал», МАЗ или транспортные средства на резинометаллических гусеницах.

Загрузку элементов дорожной одежды на транспортные средства необходимо производить в последовательности, обратной выполнению технологической операции на одном участке.

Устройство дорожной одежды осуществляют двумя способами:

1) автокраном, передвигающимся по укладываемому покрытию с транспортировкой элементов дорожной одежды и болотоходом, следующим параллельно оси строящейся дороги;

2) автокраном, передвигающимся по укладываемому покрытию с транспортировкой элементов дорожной одежды бортовыми автомашинами, перемещающимися по готовому покрытию.

Технологический процесс устройства дорожной одежды с использованием транспортного средства на резинометаллических гусеницах, передвигающегося параллельно оси строящейся дороги, выполняют в следующем порядке (рис.9).

Автокран, двигаясь задним ходом по уложенным щитам покрытия, останавливается на последнем щите, не доезжая до его конца примерно 1,5 м, и ставится на тормоз и аутригеры. Болотоход, нагруженный элементами дорожной одежды, подъезжает к зоне работы автомобильного крана и останавливается. Затем рабочие стропуют и подают автокраном элементы основания дорожной одежды на места их укладки.

Продольные лежни основания соединяют по длине между собой скрутками из металлической проволоки. При многоярусном основании лежни последующего слоя основания с предыдущим соединяют строительными скобами или ершами.

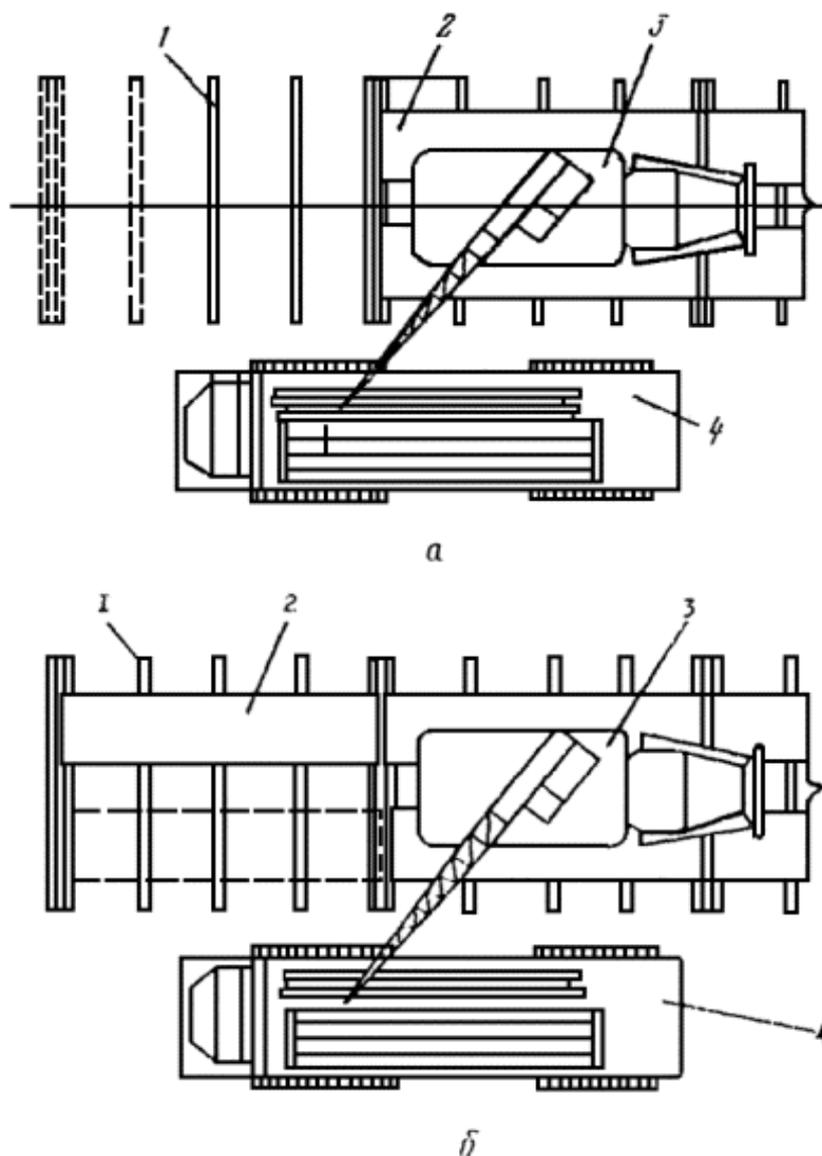
После устройства основания укладывают щиты покрытия. При монтаже щиты покрытия стропуют за монтажные петли и укладывают в проектное положение на продольные лежни, соединяя при этом соседние щиты между собой.

Под стыки щитов покрытия укладывают пакеты из двух-трех бревен. До соединения щитов наезд на них автомобильного крана запрещается.

Щиты покрытия скрепляют с основанием металлическими скобами.

На укладку продольных и поперечных лежней, а также щитов

покрытия необходима бригада, состоящая из шести-семи рабочих.



*Рис. 9. Устройство дорожной одежды со сборным колейным покрытием из деревянных щитов: а - устройство основания; б - устройство сборного колейного покрытия; 1 - поперечины; 2 - сборный деревянный щит покрытия; 3 - автомобильный кран; 4 - транспортное средство на резинометаллических гусеницах*

Последовательность устройства дорожной одежды с использованием автокрана и бортовых машин отличается от технологии устройства

дорожной одежды, приведенной выше, тем, что транспортируют элементы дорожной одежды бортовыми машинами, передвигающимися по готовому покрытию задним ходом (рис. 10);

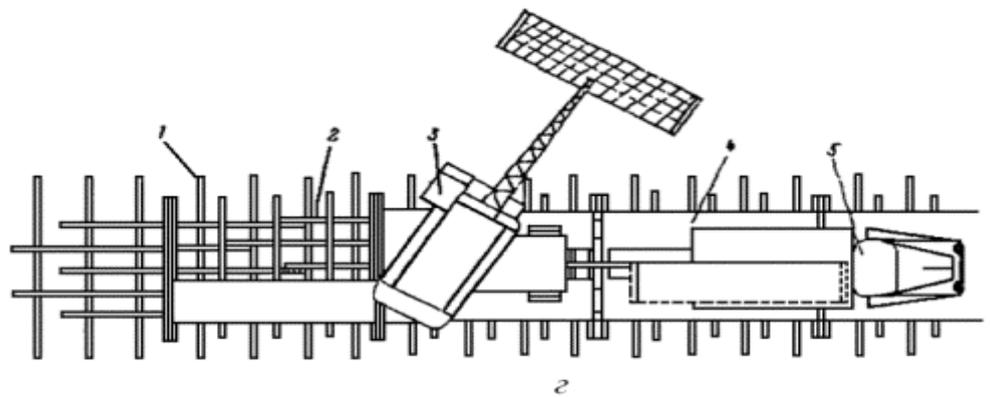
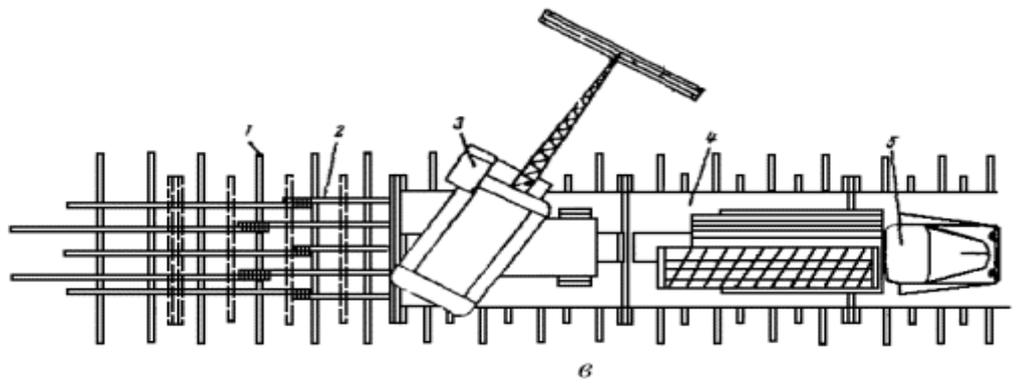
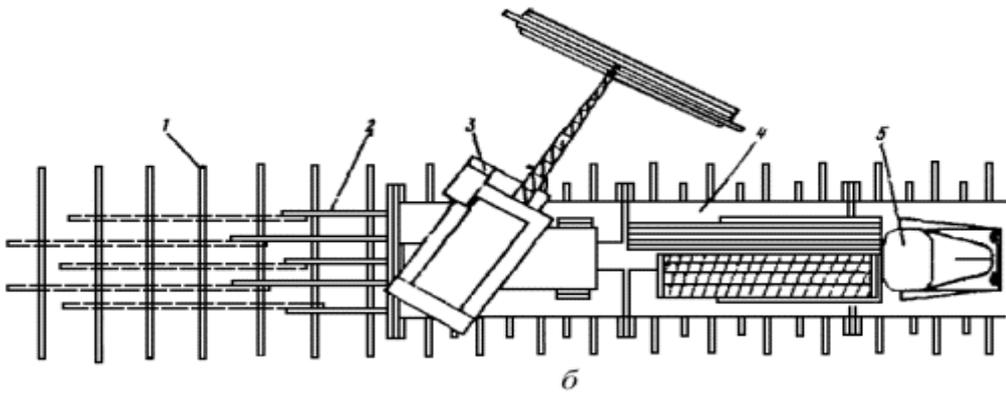
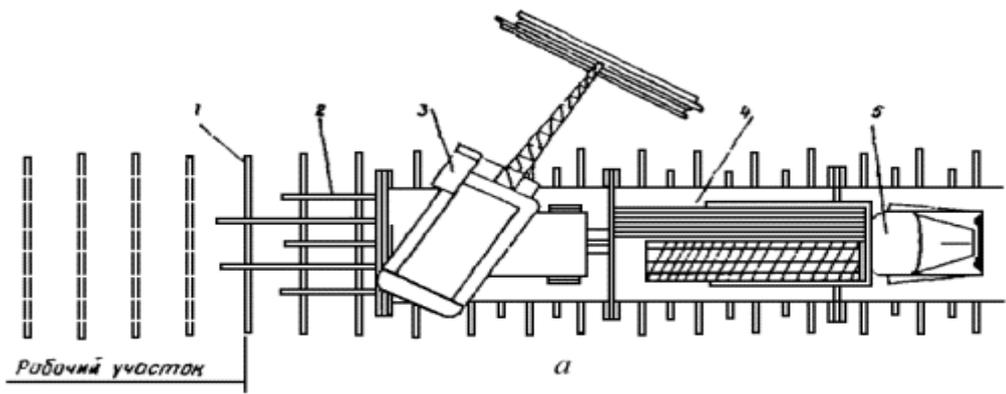


Рис. 10. Устройство дорожной одежды на слабых грунтах со сборным  
колейным покрытием из деревянных щитов на трехъярусном деревянном  
основании:

а - укладка поперечных лаг нижнего яруса основания; б - укладка продольных лаг промежуточного яруса основания; в - укладка поперечин верхнего яруса основания; г - укладка сборного колейного покрытия из деревянных щитов; 1 - поперечные лаги; 2 - продольные лаги; 3 - автомобильный кран; 4 - сборный деревянный щит покрытия; 5 - бортовой автомобиль

### **2.3. Зимние дороги**

Зимние дороги относят к дорогам сезонного действия. Стоимость их строительства в 4..10 раз меньше, чем стоимость дороги летнего действия, а себестоимость перевозки 1 м<sup>3</sup> леса на 1 км в 2..2,5 раза ниже. Поэтому строительство зимних дорог необходимо планировать так, чтобы максимально использовать низкие температуры и обеспечить, интенсивную

вывозку и продление срока эксплуатации зимних дорог. Их следует широко использовать в районах с устойчивой зимой (на европейском Севере, Северо-Западе, в Сибири, на Дальнем Востоке).

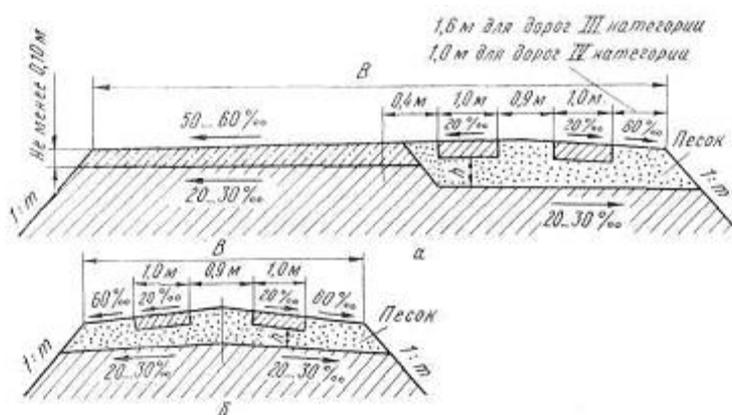
По типу покрытий различают снежные и ледяные зимние дороги. Снежные дороги подразделяют на снежно-уплотненные и снежно-ледяные. **Снежно-уплотненные** дороги строят при небольшой интенсивности движения и эксплуатации легких автопоездов. Они просты по устройству и не требуют больших затрат на сооружение. Покрытие этих дорог представляет собой уплотненный слой снега на спланированном земляном основании. Если снег на такой дороге в течение зимы уплотнять и поливать водой, то такая дорога становится **снежно-ледяной**, в конце зимы толщина слоя снегольда достигает 0,5 м, что удлиняет срок ее действия на 8...10 дней по сравнению со снежно-уплотненной дорогой.

Более качественным покрытием зимних дорог является ледяное. Ледяные дороги строят на земляном основании, что обеспечивает большую твердость и ровность, термостойкость, скорость и рейсовую нагрузку лесовозных автопоездов. Применение ледяных покрытий позволяет продлить зимний сезон вывозки на 12...15 дней и более и довести его до 100 дней и более.

Чтобы повысить прочность покрытия и сократить его таяние весной, на открытых местах и уклонах в покрытие вмораживают щепу, опилки, стружки. Прочность покрытия с древесными добавками повышается в 1,5...2 раза, в зависимости от вида и количества добавок. Движение гусеничных машин по дорогам с ледяным покрытием не допускается.

Важным этапом строительства зимних дорог является подготовка основания, при которой при необходимости корчуют пни, прошпаливают (т. е. укладывают поперек оси дороги на спланированную поверхность болота долготье длиной 5...6 м, диаметром 0,10...0,16 м через 0,4...0,7 м) труднопроходимые участки, устраивают простейшие искусственные сооружения

Типовые поперечные профили колеиных покрытий из



железобетонных плит:

- а — на двухполосных дорогах
- б — на однополосных дорогах в местах перехода ручьев и пересечения водотоков на болотах
- на жидких болотах устраивают сплошной настил.

### 2.3.1. Сооружение земляного полотна на промороженных основаниях

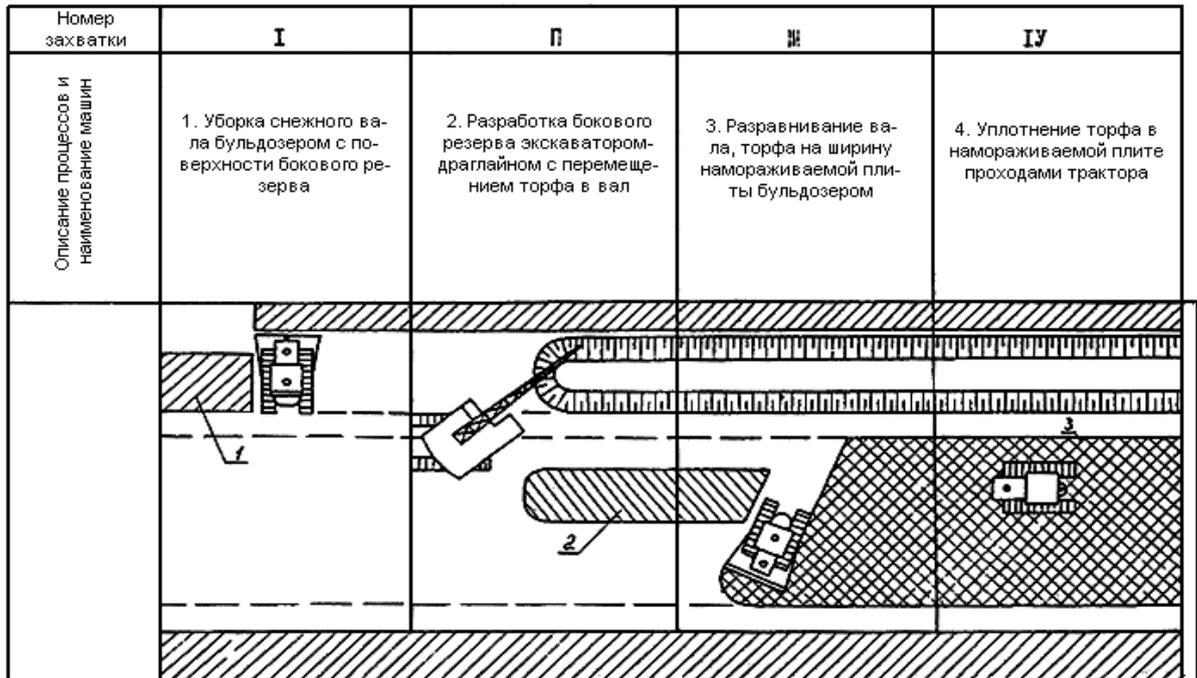
При сооружении земляного полотна дорог на промороженных основаниях выполняются следующие процессы[29]:

- подготовительные работы (промораживание болотной толщи);
- намораживание торфяной плиты и устройство боковых теплоизолирующих призм из торфа;
- отсыпка земляного полотна из минеральных грунтов.

В осенне-зимний период выполняют промораживание болотной толщи и намораживают торфяную плиту; в предвесенний период - отсыпают земляное

полотно из минеральных грунтов и устраивают теплоизолирующие призмы из торфа. Производится промораживание болот в полосе отвода дороги.

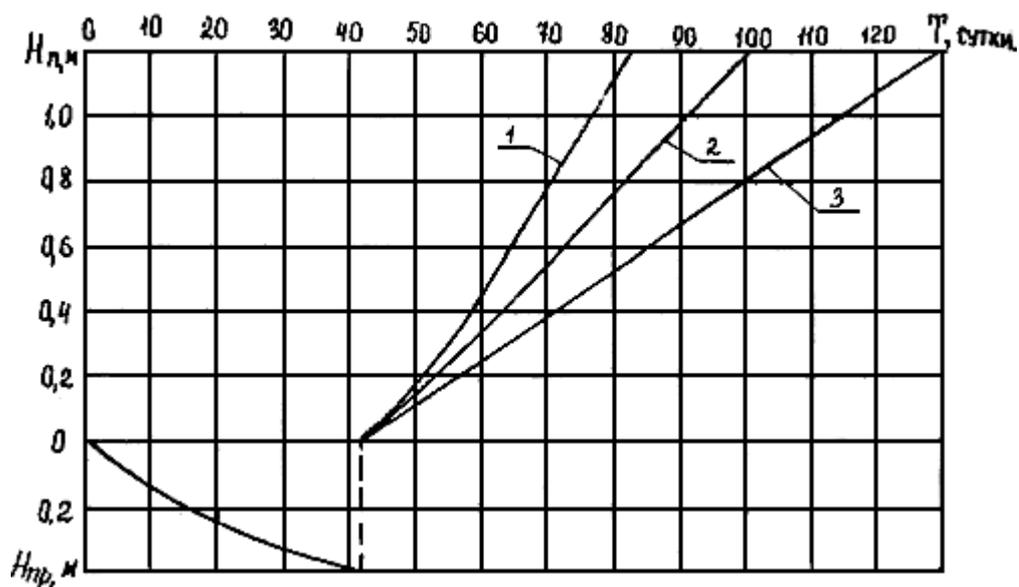
Намораживание плиты осуществляют аналогично устройству нижней части насыпи с использованием торфа, предусматривая при этом полное промораживание каждого торфяного слоя (рис.12).



*Рис.12 Технологическая схема устройства первого слоя торфяной плиты в нижней части земляного полотна на болотах I типа:*

1 - валы снега и валежника; 2 - вал торфа; 3 - нижний слой намораживаемой торфяной плиты

Сроки начала и окончания работ по промораживанию торфяной залежи на требуемую глубину и намораживанию торфяной плиты ( $H_{II}$ ) устанавливают по графику рис.13.



*Рис.13. Сроки ( $T$ ) промораживания болота ( $H_{пр}$ ) и намораживания торфяной плиты ( $H_{п}$ ) слоями различной толщины (начало работ с момента перехода температуры воздуха через  $0^{\circ}\text{C}$ ):*

1 - слоями по 0,3 м; 2 - то же по 0,4 м; 3 - то же по 0,6 м

### **2.3.2. Сооружение земляного полотна на болотах методом выторфовывания**

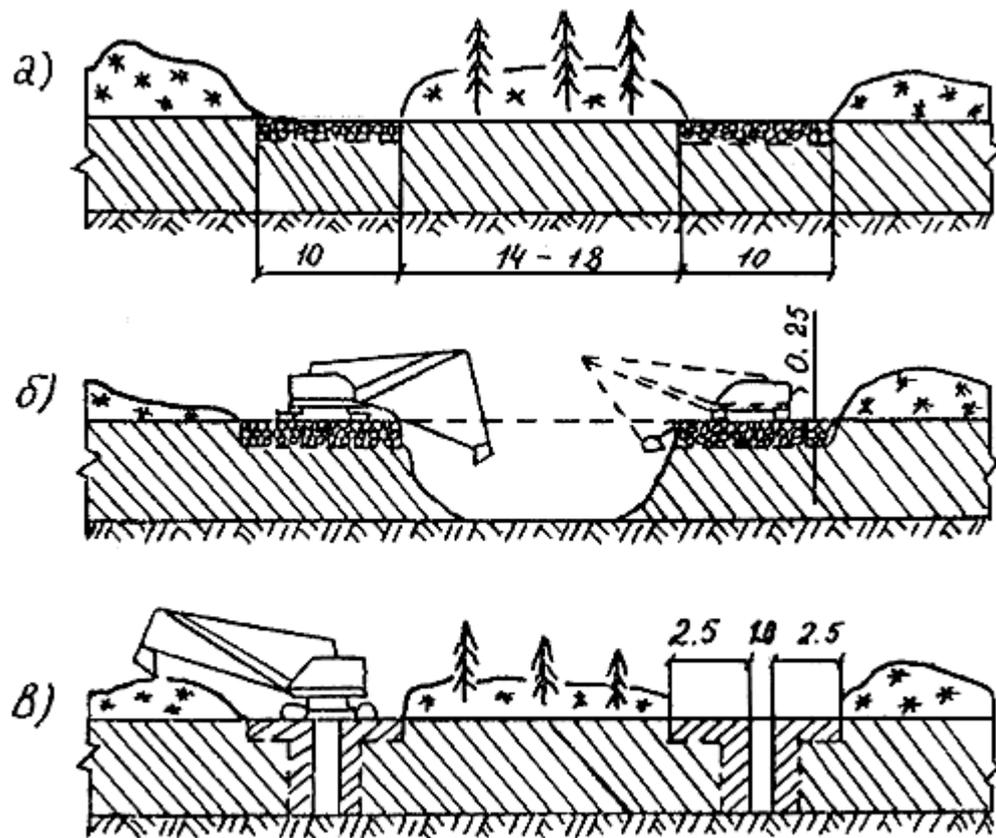
Удаление торфа из основания насыпи на болотах I, II и III-A типов осуществляется экскаваторами, на болотах III-B типа способом выдавливания весом насыпи. На болотах I типа (глубиной до 1 м) допускается удаление торфа бульдозерами болотной модификации.[2]

В теплый период года выторфовывание экскаватором выполняют на болотах I, II типов (при глубине до 4 м) с обязательным использованием инвентарных щитов или устройством лежневого настила.

Нижняя часть насыпи по летней технологии устраивается из песка и отсыпается в воду, заполняя траншею выторфовывания после достижения возвышения 0,3-0,6 м над уровнем воды в болоте.

По зимней технологии нижняя часть насыпи возводится в сухой траншее с послойным уплотнением грунтов катками.

Подготовку полосы для устройства сухой траншеи следует начинать, когда болото промерзает на глубину 10-15 см. Для более быстрого промерзания торфа с внешних сторон траншеи выторфовывания, по путям движения экскаваторов, очищают от снега, кустарника, мелкокося и кочек полосы шириной 10 м, используя бульдозеры на легких и средних гусеничных тракторах, предпочтительно болотной модификации. Снег на месте будущей траншеи сохраняют до начала работ по выторфовыванию, чтобы не допустить глубокого промерзания болота (рис.14, а).



*Рис 14. Устройство земляного полотна с выторфовыванием в зимний период: [2].*

- а - подготовка промороженного слоя на полосах движения; б - устройство основной траншеи на болотах I и II типа;  
 в - предварительное устройство боковых полос (мерзлотных экранов) на болотах II типа

Для обеспечения безопасной работы экскаваторов толщина промерзшего слоя торфа на боковых полосах движения должна составлять:

Масса машин, т	10	15	25
Наименьшая толщина промерзшего слоя болота I типа, см	20	24	30

На болотах I типа сухую траншею устраивают путем естественного промораживания стенок траншеи в процессе ее разработки (рис.14, б).

На болотах II и III-A типов для получения сухой траншеи устраивают мерзлотные экраны толщиной не менее 30 см.

Для этого экскаватором устраивают по обеим сторонам траншеи выторфовывания прорези до дна болота с откачкой из них воды до завершения промерзания стенок прорезей на указанную выше толщину (рис.14, в).

На болотах III-B типа сухую траншею получают путем вымораживания с поверхности и послойного удаления замерзшего торфа.

Удаление слабого грунта из основания способом выдавливания весом насыпи выполняется на болотах III-B типа отсыпкой грунта способом "от себя" с надвижкой бульдозером.

При наличии более прочного верхнего слоя отдавливание грунта в стороны облегчается устройством с наружной стороны подошвы насыпи траншей-торфоприемников, ширина которых должна быть не менее половины ширины отжимаемого слоя.

При соответствующем технико-экономическом обосновании удаление торфа может быть выполнено с помощью взрыва.

### **2.3.3. Конструкции зимников**

Техническое состояние зимника во многом зависит от правильного выбора

конструкции с учетом местных природных условий и требований, предъявляемых к зимнику в отношении прочности, устойчивости и безопасности движения. На выбор конструкции зимника влияют рельеф местности, вид подстилающего основания, состояние грунтов и характер метелевой деятельности в районе строительства.

Зимники проектируют в соответствии с типовыми поперечными профилями, приведенными на рис. 15 - 18.

Конструкции сухопутных зимников (см. рис. 15) назначают на участках с прочными грунтовыми основаниями (скальный, щебенистый грунт). Для выравнивания поверхности основания предусматривают устройство слоя из песка или гравия.[32]

Конструкцию типа 1 следует предусматривать в залесенной местности в корытообразном поперечном профиле методом постепенного наращивания снежного полотна по мере выпадания снега в течение зимы.

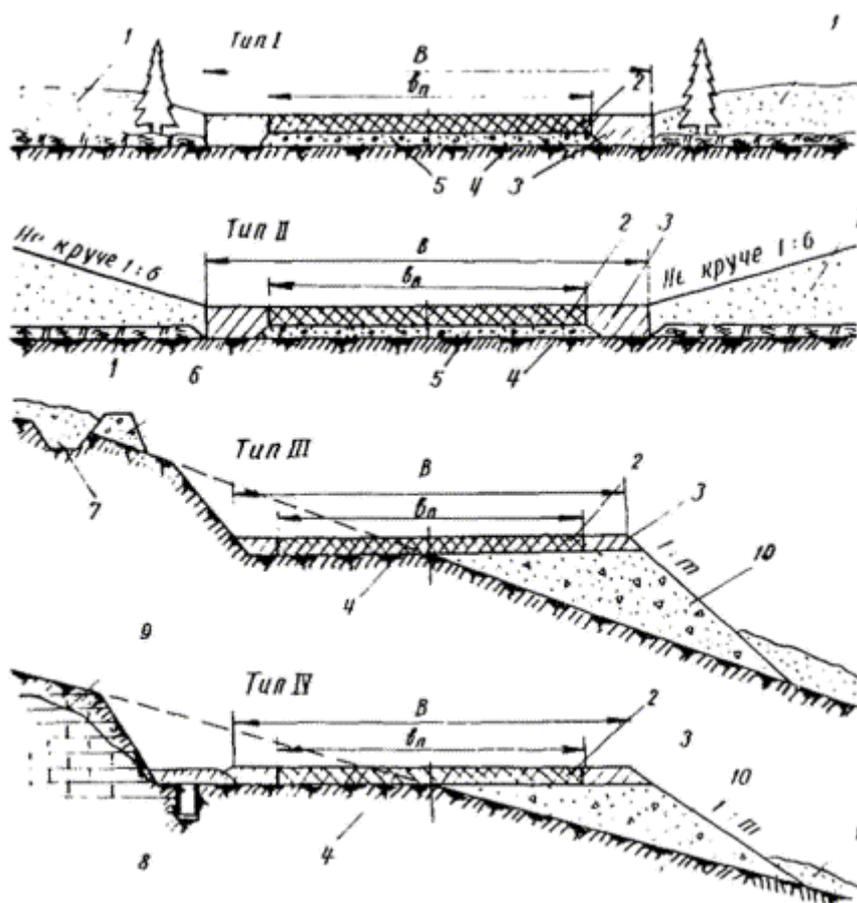
В открытой местности корытообразный поперечный профиль зимника подвержен снежным заносам. При объемах снегопереноса до  $150 - 200 \text{ м}^3/\text{м}$  зимники с поперечным профилем типа II в сочетании с траншейным снегопаханием в придорожной полосе или с другими мерами снегозащиты почти полностью предотвращают опасность снегозаносов дороги.

На косогорных участках зимники проектируют в соответствии с поперечными профилями типа III и IV. При этом поперечный профиль типа IV следует предусматривать на участках возможного выхода грунтовых вод на поверхность.

При проложении трассы по заболоченным поймам и долинам рек конструкции зимников назначают в соответствии с поперечными профилями, приведенными на рис. 16.

Поперечный профиль типа V назначают на участках, где отсутствует в основании подземный лед. При этом целесообразно предусматривать в проектах удаление мохорастительного покрова, заполнение корыта дороги водой с последующим ее замораживанием для создания ровного и прочного

ОСНОВАНИЯ.



*Рис. 15. Поперечные профили зимников на прочных грунтовых основаниях: [32].*

1 - снеговой покров; 2 - тщательно укатанный снег на проезжей части; 3 - уплотненный снег на обочинах; 4 - спланированное основание; 5 - выравнивающий слой из песка или гравия; 6 - нагорный валик; 7 - нагорная канава; 8 - утепленный лоток для отвода грунтовых вод; 9 - направление движения грунтового потока; 10 - грунтовая насыпь на косогоре

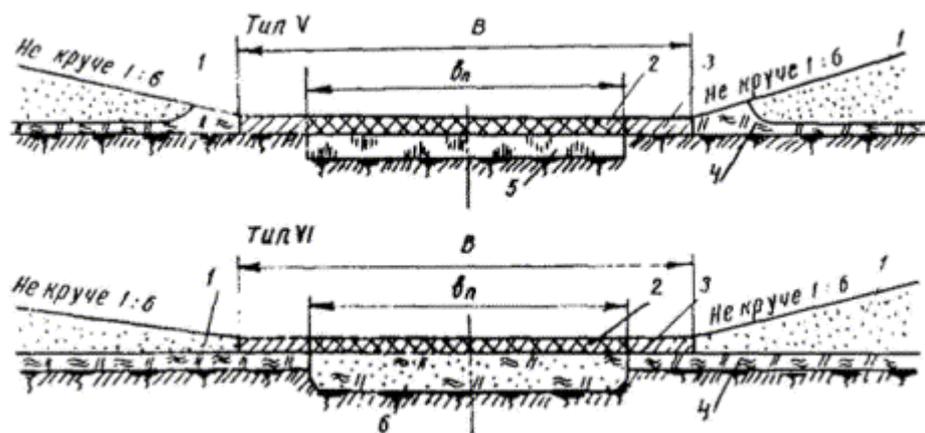


Рис. 16. Поперечные профили зимников, прокладываемых по заболоченным поймам и долинам рек:

1 - снеговой покров; 2 - тщательно укатанный снег на проезжей части; 3 - уплотненный снег на обочинах; 4 - естественный мохорастительный покров; 5 - лед; 6 - перемешанный с мохорастительным покровом грунт, тщательно спланированный гладилками

Во избежание развития термокарстовых и термоэрозионных процессов, когда в основании близко от поверхности залегает подземный лед, мохорастительный покров и кочки не удаляют, а тщательно рыхлят и перемешивают с грунтом на полосе проезжей части, планируют и уплотняют гладилками (тип VI).

На марях, бугристых вечномерзлых торфяниках и других подобных участках зимники проектируют с поперечным профилем типа VII (см. рис. 17). Для получения ровного основания предусматривают срезку кочек и устройство слоя из песка или гравия с поливкой его водой.

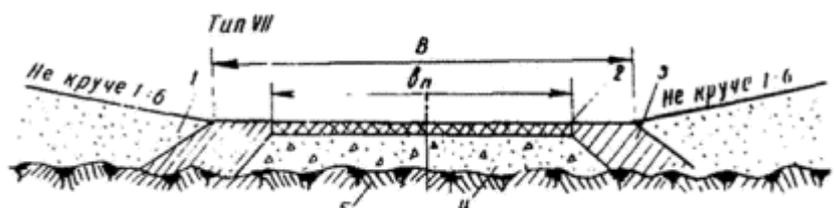


Рис. 17. Поперечный профиль зимника на марях и бугристых вечномерзлых торфяниках:

1 - снеговой покров; 2 - тщательно укатанный снег на проезжей части; 3 - уплотненный снег на обочинах; 4 - выравнивающий слой не менее 15 - 20 м из песка или гравия; 5 - грубо спланированное грунтовое основание

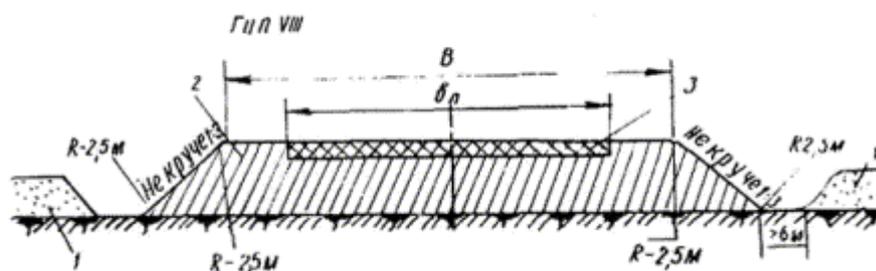


Рис. 18. Поперечный профиль зимника в насыпи из снега:

1 - снеговой покров; 2 - насыпь из уплотненного снега; 3 - оледененный слой снега на проезжей части или настил из тонкомерной древесины, веток, сучьев и т.п.

При пересечении оврагов, участков с резким переломом профиля, а также на отдельных сильно заносимых участках местности (см. рис. 18) рекомендуется устраивать снежные насыпи в обтекаемом профиле (тип VIII). Для повышения прочности насыпи устраивают снежно-ледяную одежду или настил из тонкомерной древесины, веток, сучьев и т.п. Плотность снега в теле насыпи должна быть не менее  $0,5 \text{ г/см}^3$  в нижних слоях и  $0,55 \text{ г/см}^3$  в верхних.

Конструкции ледовых зимников и ледяных переправ назначают в соответствии с поперечными профилями на рис. 19 - 21.

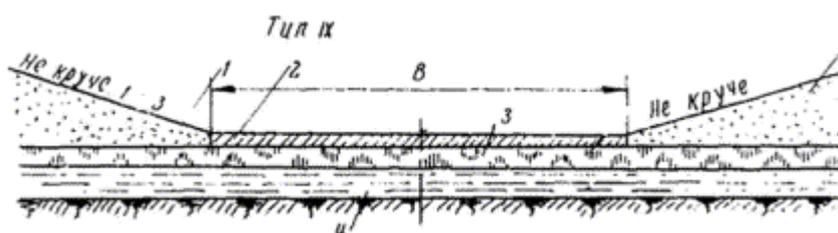
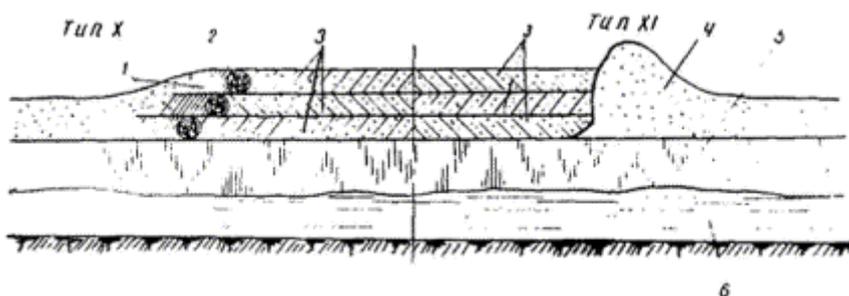


Рис. 19. Поперечный профиль зимника на ледяном покрове рек и озер:

1 - снеговой покров; 2 - уплотненный слой снега на полотне; 3 - ледяной покров; 4 - вода

На ледяных переправах для более раннего начала эксплуатации сухопутного зимника и обеспечения возможности использования слабого ледяного покрова, как правило, предусматривают усиление льда (типы X - XIV).[32,Байкало-Амурская Магистраль]

Способ усиления ледяной переправы выбирают в каждом конкретном случае в зависимости от климатических условий периода строительства, толщины и состояния ледяного покрова, режима реки, наличия материалов и механизмов, интенсивности и вида обращающихся по зимнику нагрузок.



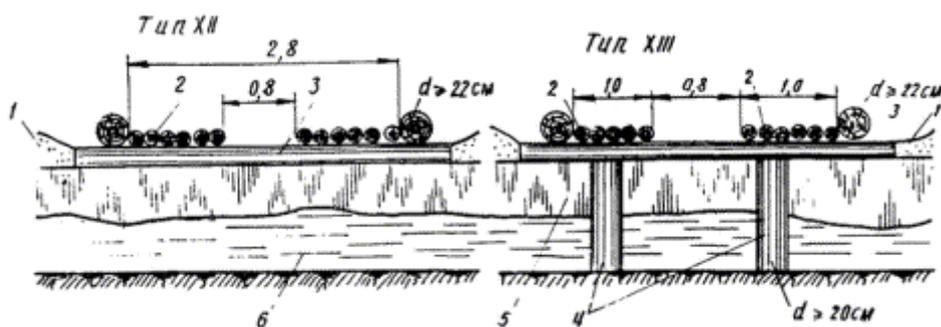
*Рис. 20. Поперечные профили зимников на ледяном покрове (ледяные переправы) при усилении методом послойного намораживания льда;*

1 - притрамбованный снег; 2 - жерди; 3 - намораживаемые слои; 4 - валик из снега; 5 - естественный ледяной покров; 6 - вода

Усиление послойным намораживанием (типы X - XI) - наиболее дешевый и легко осуществимый способ. Он эффективен, и его рекомендуется применять на реках с медленным течением воды, при достаточно большой толщине естественного, прочного, однородного ледяного покрова, при наличии в период строительства устойчивых отрицательных температур воздуха (ниже  $-10^{\circ}\text{C}$ ).

Для ускорения намораживания и повышения прочности переправы следует предусматривать вмораживание хвороста, мелких сучьев, веток, поперечного настила из жердей, отходов лесопиления и т.п. При этом образуется единая конструкция из слоя основного льда и слоя дополнительно замороженного армированного льда.

Усиление ледяной переправы деревянными настилами предусматривают при тяжелом интенсивном движении, на реках с быстрым течением и поздними сроками образования устойчивого и достаточно толстого льда, а также при слоистом ледяном покрове.

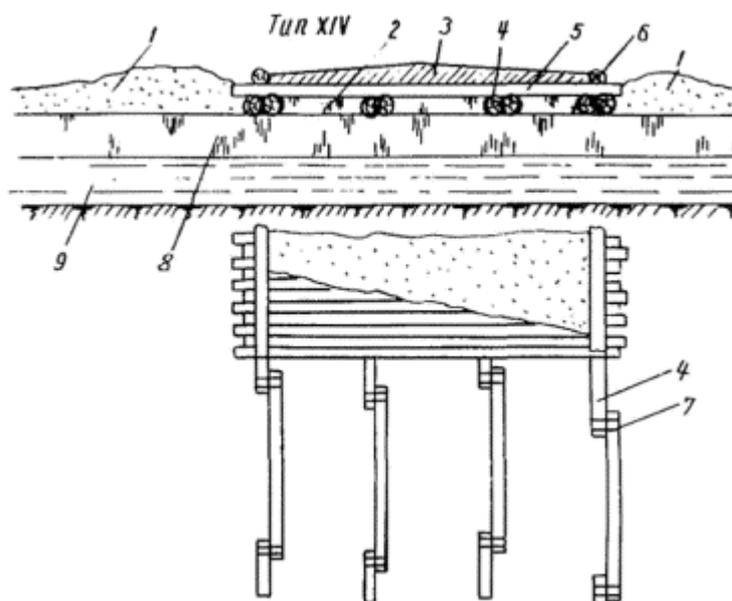


*Рис. 21. Поперечные профили зимников на ледяном покрове (ледяные переправы) при устройстве деревянного настила:*

1 - снеговой покров; 2 - колесопроводы; 3 - поперечины; 4 - стойки; 5 - естественный ледяной покров; 6 - вода

Ледяная переправа может быть усилена деревянным копейным настилом на поперечинах, укладываемых на лед (тип XII) или опирающихся на замороженные в лед стойки (тип XIII), либо устроена в виде плавающей дерево ледяной переправы (тип XIV).

Конструкцию типа XIII предусматривают на неглубоких реках (до 4 - 5 м) при стабильном уровне воды в осенний период и образовании тонкого, слоистого и неоднородного ледяного покрова. При глубине реки более 4 - 5 м и резком колебании уровня воды следует предусматривать конструкцию типа XIV.



*Рис. 22. Конструкция «плавающей» дерево ледяной переправы:*

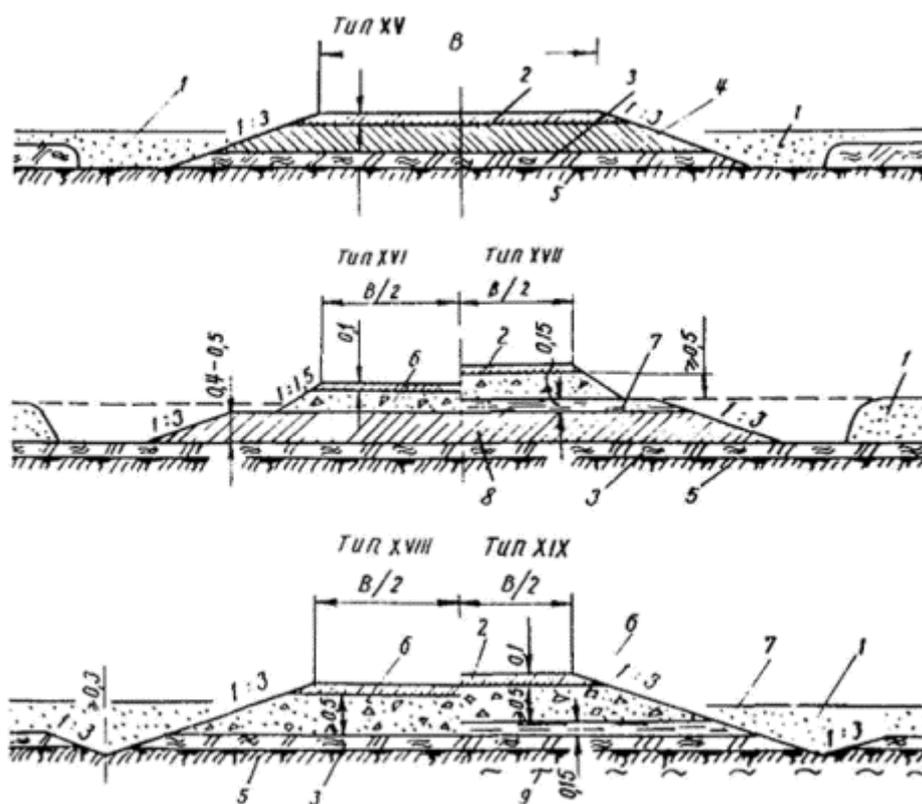
1 - валик из снега; 2 - замороженный слой льда; 3 - грунтовая засыпка; 4 - продольные лежни:  $d = 20 \div 22$  см; 5 - сплошной сланевый настил из тонкомерной древесины  $d = 12 \div 16$  см; 6 - колесоотбойные брусья  $d = 22 \div 24$  см; 7 - проволочная скрутка  $d = 8$  мм; 8 - естественный ледяной покров; 9 - вода

При проектировании зимников небольшого протяжения, предназначенных для вывозки грунта из карьеров и обеспечения хозяйственных нужд предприятий и строек, технически и экономически целесообразно предусматривать конструкции с продленными на весенне-летний период сроками эксплуатации (рис. 23).

Конструкция временной дороги для эксплуатации в зимний период и в начале весенне-летнего периода (см. рис. 23) при интенсивности движения до 75 - 100 авт/сутки (тип XV) состоит из мерзлого основания и теплоизолирующего полотна (смеси снега со мхом и растительным покровом). По условиям обеспечения водонепроницаемости, достаточной прочности и незначительной интенсивности таяния плотность этого полотна

должна быть не менее  $0,65 \text{ г/см}^3$  в верхних и не менее  $0,55 \text{ г/см}^3$  в нижних слоях.

Для эксплуатации дороги в течение нескольких лет в условиях тяжелого и интенсивного движения следует предусматривать конструкции типа XVI и XVII. Конструкции типа XVI применяют при наличии в районе строительства достаточного количества снега. Плотность снега в теплоизолирующем полотне должна быть не менее  $0,6 \text{ г/см}^3$ . Земляное полотно предназначено воспринимать нагрузки от проходящих транспортных средств; его отсыпают шириной не менее 10 м и высотой не менее 0,5 м с откосами 1:1,5 из крупнообломочных щебенистых грунтов.[32]



*Рис. 23. Поперечные профили зимников с продленными сроками эксплуатации и временных дорог:*

1 - снеговой покров; 2 - уплотненный слой снега на полотне дороги; 3 - естественный мохорастительный покров; 4 - полотно теплоизоляции из смеси снега со мхом; 5 - мерзлое грунтовое основание; 6 - земляное полотно; 7 - хворостяная выстилка или сплошной настил из тонкомерной древесины; 8 - полотно из уплотненного снега; 9 - сильно льдистый грунт основания

Для снижения интенсивности таяния снежного полотна в теплый период и обеспечения равномерных осадок при оттаивании целесообразно предусматривать поверх теплоизолирующего полотна хворостяную выстилку толщиной 15 - 20 см (тип XVII).

При достаточном количестве снега земляное полотно может быть отсыпано непосредственно на мерзлое основание (тип XVIII и XIX). При этом следует полностью сохранить мохорастительный покров, а на участках с сильно льдистыми грунтами и подземным льдом дополнительно предусмотреть в основании земляного полотна хворостяную выстилку толщиной 15 - 20 см или сплошной настил из неделовой древесины (тип XIX).

По мере оттаивания грунтов основания следует предусматривать компенсацию осадки основания постепенной досыпкой грунта в насыпь.

#### **2.4. Снежно-ледяные дороги**

В северных районах страны одним из самых надежных и дешевых способов доставки грузов автомобилями и тракторами является перевозка их по снежно-ледяным дорогам. Приморское геологическое управление, например, ежегодно сооружает за сезон около 500 км зимних дорог.

Перевозка грузов по зимним дорогам более экономична вследствие снижения стоимости строительства дорог, полной механизации работ по строительству, возможности прокладки путей по заболоченным участкам местности, хороших эксплуатационных качеств дорог. Особенно

экономически целесообразно использование зимних дорог на участках с переувлажненными и заболоченными грунтами, где организация перевозок в летний период сопряжена с большими трудностями.

При геологоразведочных работах чаще всего используются снежные и снежно-ледяные дороги, а при больших грузопотоках возможно сооружение и ледяных дорог.

Строительство простейших зимних дорог может производиться методом расчистки проезжей части дороги от снега (на земляном основании) и методом уплотнения снега с использованием его в качестве дорожно-строительного материала.

Дороги на земляном основании менее подвержены влиянию температурных колебаний, чем снежнуплотненные без поливки. Они имеют высокую пропускную способность и использование их предпочтительно в малоснежных районах, а также в начальный период эксплуатации и в многоснежных.

Дороги из уплотненного снега могут сооружаться двумя способами: уплотнением снега тонкими слоями и уплотнением слоями значительной толщины. Если дорогу планируется эксплуатировать в начале зимнего сезона, то уплотнение снега производят по мере его выпадения. Вначале снег уплотняется трактором за 2—3 прохода, а затем колесами автомобилей. На хорошо промерзших грунтах целесообразно уплотнять снег слоями не более 10—15 см, если грунт еще не промерз, то толщина слоев не должна превышать 10 см. При таком методе строительства снег удаляется с дороги только после обильных снегопадов, а толщина дороги постепенно увеличивается, что позволяет использовать ее некоторое время после начала оттепелей.

При строительстве снежной дороги, когда толщина снежного покрова значительна, необходимо снег перед укаткой перемешать. При этом происходит выравнивание температуры нижних и верхних слоев снега, разрушаются пустоты, заполненные водяными парами, масса снега

делается более однородной по плотности и, таким образом, создаются условия для равномерного уплотнения снега по толщине.

Наиболее часто в геологоразведочных партиях для перемешивания снега применяются ребристые катки. При движении ребристого катка большая часть снега поднимается его ребрами, затем попадает в пустотелую середину катка, где и перемешивается. Диаметр катка составляет обычно 1,2—1,5 м, ширина — 2—2,5 м, масса — 1,5—1,8 т.

В простейшем виде перемешивание снега может быть достигнуто при протаскивании по трассе пачки хвойных деревьев с необрубленными сучьями.

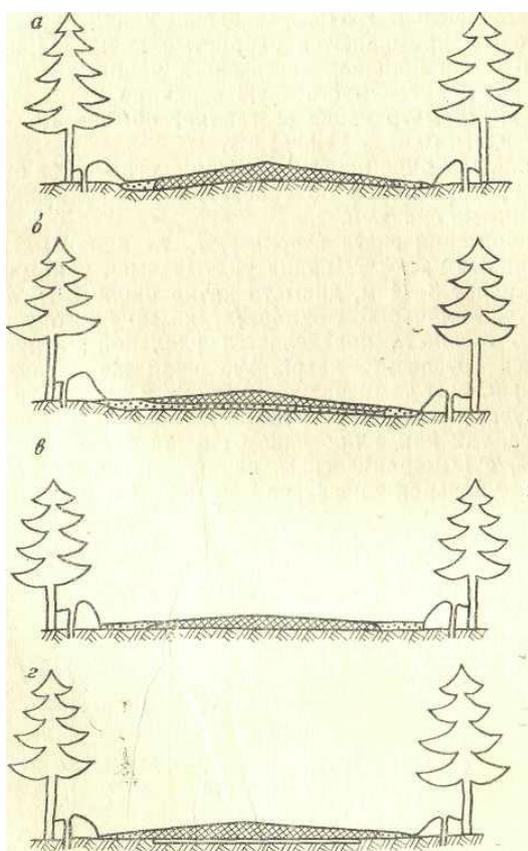
Для уплотнения снега используют гладкие металлические или деревянные катки. Ширина укатываемой таким катком полосы составляет 3—4 м, диаметр катка около 2 м, а масса его определяется количеством балласта, помещенного внутрь катка. Количество балласта определяется удельной нагрузкой, которую должен обеспечить каток. Удельная же нагрузка в свою очередь зависит от температуры воздуха и плотности снега и во всяком случае не должна превышать предела несущей способности снега, так как в противном случае будет происходить не уплотнение, а выпирание снега из-под катка. Ориентировочно потребная удельная нагрузка может быть определена по табл.5[30].

*Таблица 5. Рекомендуемая удельная нагрузка на снег в зависимости от температуры воздуха, кПа*

Плотность снега	Температура			Плотность снега	Температура		
	—5 °C	—10 °C	—20 °C		—5 °C	-10 °C	—20 °C
0,2	90	130	175	0,4	350	420	490
0,3	140	180	220	0,5	1040	520	

Эффективное уплотнение снега катками может быть достигнуто при толщине снежного покрова не более 60 см.

Снежно-ледяные дороги устраивают с наступлением устойчивых морозов путем поливки основания дороги. Основанием может служить земляное полотно, уплотненный слой снега толщиной 3—5 см или уплотненный снег любой толщины. Первую поливку лучше производить из цистерны, установленной на тракторных санях. Ширина полосы полива, расположенной по оси дороги, должна составлять 2,5—3 м. В дальнейшем можно использовать автополивщики, при этом вода, растекаясь по уже



имеющейся ледяной подушке, образует ледяной покров на всю ширину проезжей части. Поперечные профили снежно-ледяных дорог показаны на рис. 24[30].

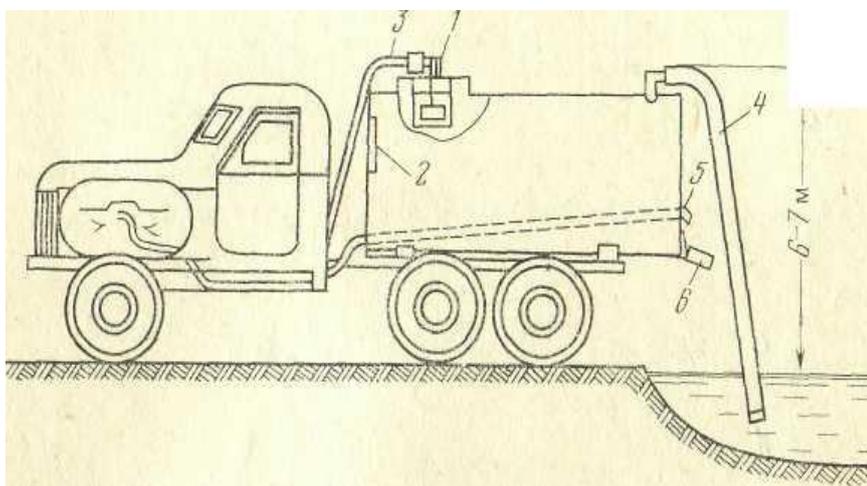
*Рис. 24. Поперечные профили снежно-ледяных дорог.*

*а* - сухих местах на грунте, *б* — в сухих местах на уплотненном снегу, *в*- в сырых местах и на болотах I типа, *г* — на болотах II типа

Для поливки дорог целесообразно использовать вакуум-цистерны, устанавливаемые на автомобилях и снабженных специальным лотком-разбрызгивателем, который позволяет равномерно поливать полосу шириной 3—3,5 м (рис. 25). Управление лотком производится из кабины автомобиля. Воздух из цистерны откачивается за счет подключения ее к всасывающему коллектору двигателя. Сливное устройство обогревается выхлопными газами автомобиля. Высота всасывания воды составляет 6—7 м. Цистерна емкостью 5 м<sup>3</sup> заполняется за 3—5 мин.

Количество воды, подаваемой на дорогу, регулируется скоростью поливщика и сечением сливного патрубка. При первом поливе расход воды составляет около  $50 \text{ м}^3$  на 1 км дороги, а за сезон на 1 км дороги со сплошным обледенением расходуется  $150\text{—}200 \text{ м}^3$  воды.

Наибольшие грузопотоки обеспечиваются ледяными дорогами. Лучшей трассой ледяной дороги следует считать прямолинейную с радиусом кривых не менее 40 м и уклонами не более 10% при уклонах более 5% радиус кривых рекомендуется принимать не менее 80 м.



*Рис. 25. Вакуум-поливщик.*

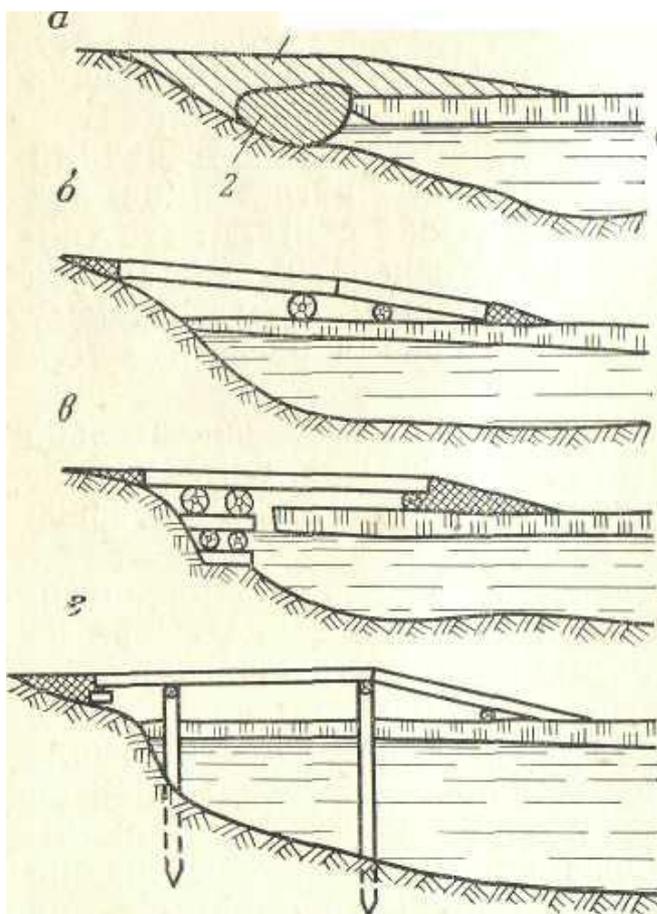
1 — поплавковое устройство, 2 — смотровое стекло, 3 — всасывающая труба, 4 — приемная труба,

4 — приемная труба, 5 — сливное устройство, 6 — сливной лоток

Грузы перевозятся по таким дорогам на специальных трех-полозных санях, главный направляющий полоз которых скользит по колее, а два поддерживающих — по лыжницам. Колеса автомобиля или гусеницы трактора перемещаются по беговым дорожкам.

Наиболее ответственной частью переправы по льду является съезд с берега на лед; конструкции съездов показаны на рис.26[30].

Рис. 26. Конструкции съездов на лед.



*a* — снежно-хвостяной

(1 — слой уплотненного снега,

2 — хвостяные фашины),

*б* — с лежнем на льду,

*в* — с клеткой на берегу и лежнем

на льду, *г* — с эстакадой

## **2.5. Укрепление дорог методами химического укрепления грунтов**

Различают три типа грунтов по прочности:

1 — грунты, которые обладают достаточной прочностью в природном состоянии и при передаче на них расчетной нагрузки могут только сжиматься независимо от скорости передачи нагрузки;

2 — грунты, не обладающие в природном состоянии достаточной прочностью, вследствие чего при быстрой передаче на них проектной нагрузки они выдавливаются, а при медленной — сжимаются;

3 — грунты, которые при передаче на них указанной нагрузки в любом случае выдавливаются из-за недостаточной прочности в природном состоянии и недостаточной упрочняемости при уплотнении.

### Укрепление грунта цементом

При положительных температурах воздуха цементогрунтовые основания устраивают при одностадийном строительстве непосредственно после возведения земляного полотна, а при двухстадийном — после стабилизации осадки земляного полотна.

При необходимости устройства цементогрунтового основания в условиях пониженных положительных (ниже  $+5^{\circ}\text{C}$ ) и отрицательных температур воздуха допускается устраивать его из сухих смесей. При строительстве цементогрунтовых оснований из сухих смесей необходимо определить свойства исходных грунтов и их пригодность для укрепления вяжущим материалом.

Технологический цикл устройства основания дорожной одежды из цементогрунтовой смеси с добавками сырой нефти способом смешения на дороге с применением дорожных фрез, состоит из следующих операций:

- поверхность земляного полотна тщательно очищают от снега и льда, производят разбивочные работы, автомобилями-самосвалами транспортируют грунт из карьера к месту производства работ;
- профилируют грунт автогрейдером, вводят в грунт в заданном количестве сырую нефть и производят перемешивание;
- профилируют слой нефтегрунта автогрейдером, распределяют по поверхности спрофилированного слоя цемент, перемешивают минеральное вяжущее с нефтегрунтом;
- профилируют цементогрунтовую смесь автогрейдером и уплотняют ее катками на пневматических шинах.

Производство работ по методу смешивания смеси на дороге в зимнее время с использованием фрез допускается при температуре наружного воздуха не ниже минус  $20^{\circ}\text{C}$ .

Цементогрунтовую смесь с добавкой нефти уплотняют катками на пневматических шинах массой 40—50 т до максимально возможной плотности. Необходимое количество проходов по одному следу

устанавливают путем пробной укатки. Ориентировочно при уплотнении цементонефтегрунтовых слоев толщиной 15—20 см необходимо выполнять восемь—десять проходов по одному следу.

#### Укрепление грунтов нефтью

Технология работ по предварительной круглогодичной заготовке нефтегрунта на полигоне машино-дорожным отрядом на базе фрезы состоит из следующих операций:

- подготовка площади полигона;
- транспортирование грунта и нефти и розлив нефти;
- перемешивание грунта с нефтью фрезой;
- сбор нефтегрунта в штабель бульдозером.

При необходимости добавка концентратов сераорганических соединений должна производиться непосредственно во время заправки нефтевоза. За период заправки и транспортирования нефти на полигон происходит перемешивание концентратов с нефтью и обеспечивается их равномерное распределение в последней.

Розлив нефти необходимо производить за два приема. За первый прием разливается 60 %, за второй — 40 % от общего расхода нефти.

Работы по приготовлению нефтегрунта одновременно производятся на двух площадках. На одной из них производится распределение нефти и смешение грунта с нефтью фрезой, на второй — сбор нефтегрунта в штабель.

Готовая нефтегрунтовая смесь транспортируется на дорогу, распределяется и уплотняется. При необходимости добавки в нефтегрунтовую смесь цемента перед уплотнением производят добавку цемента распределителем цемента и перемешивание фрезой.

Время технологического цикла между введением цемента (извести) в нефтегрунт и окончанием уплотнения не должно превышать 4—6 часов.

Приготовление нефтегрунта с укладкой его при отрицательных температурах должно производиться тем же способом, что и при

положительных температурах с обязательным окончанием уплотнения до смерзания.

При обработке грунта нефтью в два приема цемент вводится в смесь перед повторной добавкой нефти. При этом температура нефтегрунтовой смеси на момент ее перемешивания с цементом может быть отрицательной, но не ниже минус 5°С.

#### Основания из белитового шлама и материалов, укрепленных белитовым шламом

Основания из отвального белитового шлама и обработанных им материалов устраивают согласно положениям СНиП 3.06.03—85 в части устройства оснований из грунтов и каменных материалов, обработанных медленноотвердеющими неорганическими вяжущими. Продолжительность перерыва во времени между вывозкой белитового шлама на дорогу и его распределением не регламентируется.

Толщина слоя белитового шлама при распределении и планировке должна быть ориентировочно в 1,35—1,5 раза больше проектной толщины. Уплотняемость слоя уточняют по результатам пробного уплотнения в начале производства работ.

Уплотнение шлама следует производить 12—16 проходами по одному следу катка на пневматических шинах массой 25—30 т.

Для устройства гравийных (щебеночных) оснований обработанных неорганическими вяжущими не на полную глубину методом пропитки (вдавливания), требуется гравии (щебень) фракций 40—70 мм (120 мм) и 20—40 мм.

Для обработки следует использовать цементопесчаную (1:10) смесь или отходы промышленности, обладающие свойствами минерального вяжущего (активные гранулированные доменные шлаки, активные золы-унос, белитовые шламы и т. п.). Расход их следует назначать в пределах 5—9 м<sup>3</sup> на 100 м<sup>2</sup> основания.

Окончательное уплотнение необходимо осуществлять катками на пневматических шинах за 12—16 проходов по одному следу.

## **2.6. Земляное полотно на вечномерзлых грунтах**

Земляное полотно на участках залегания вечномерзлых грунтов необходимо проектировать согласно СНиП 2.05.02-85, пп. 6.48 - 6.57, применительно к I и II дорожно-климатическим зонам.

При проектировании по I принципу предусматривается подъем верхней границы вечномерзлых грунтов или "новообразованной мерзлоты" до подошвы насыпи, что может быть достигнуто за счет расчетной высоты насыпи и применения термоизолирующих материалов - пенопласта, торфа, шлака, геотекстилей.

При проектировании по II принципу требуемую высоту насыпи следует устанавливать в результате комплексного расчета, включающего теплофизический расчет суммарной осадки.

### **2.6.1. Сооружение земляного полотна на вечной мерзлоте**

При сооружении земляного полотна в зоне вечной мерзлоты следует учитывать требования принципов проектирования на конкретных участках строительства.

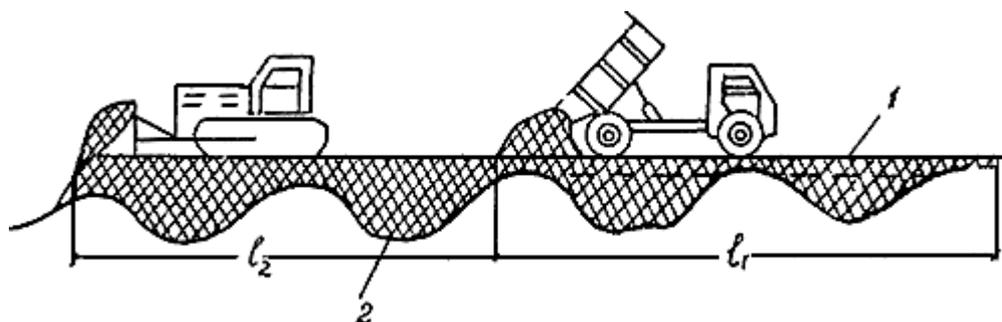
Земляное полотно на водораздельных участках и сухих террасах возводят в весенне-летний период. Первый слой насыпи и бермы отсыпают бульдозером путем последовательной надвигки грунта от края бермы к оси насыпи. Не допускается передвижение бульдозера по оттаявшему мохорастительному покрову в основании насыпи.

Земляное полотно на плоскобугристых торфяниках возводят с соблюдением следующих правил и последовательности производства работ:

--удаляют бульдозером снег с дорожной полосы после промерзания торфа в мочажинах на глубину не менее 20 см;

--завозят торф автомобилями-самосвалами и отсыпают в пределах ширины насыпи понизу, затем перемещают бульдозером в мочажину по способу "от себя" и разравнивают;

--создают захватку длиной 40-50 м для промораживания в течение двух-трех дней (одноразовый технологический перерыв) распределенного торфяного слоя и обеспечения тем самым проезда автотранспорта, после чего продолжают завозить и перемещать торф в мочажину (рис.27).



*Рис.27. Схема выполнения работ по заполнению торфом мочажин:*

1 - промороженный на 12-15 см насыпной торф; 2 - талый торф мочажин;

$l_1$  - зона работы автотранспорта;  $l_2$  - то же бульдозера

На озерах и старицах земляное полотно с использованием торфа в основании (подводная часть) и нижней части насыпи следует возводить в зимнее время. Сооружение земляного полотна включает следующие рабочие процессы: полное промораживание водоема; устройство сухой траншеи; промораживание донных отложений; устройство нижней части из торфа; отсыпка верхней части насыпи из минеральных грунтов.

Земляное полотно на озерах сооружают в два этапа. На первом этапе (зимой) устраивают сухой котлован, промораживают слабые донные отложения, отсыпают на полную высоту нижнюю часть насыпи из торфа и на высоту 0,6-0,7 м - верхнюю часть насыпи из минеральных грунтов; на втором этапе (летом) досыпают земляное полотно минеральными грунтами до проектной высоты.

Устройство сухой траншеи (котлована) выполняется следующими способами:

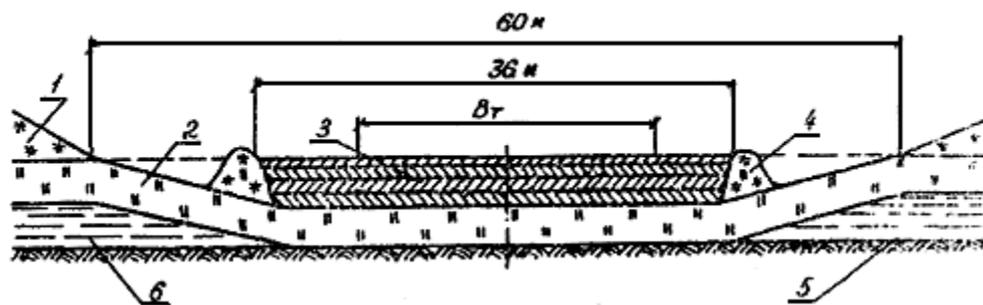
--естественное промораживание водоема на ширину траншеи и удаление льда за ее пределы;

--устройство по бокам траншеи перемычек из минеральных грунтов;

--пригрузка ледяного покрова сверху намораживанием слоев льда.

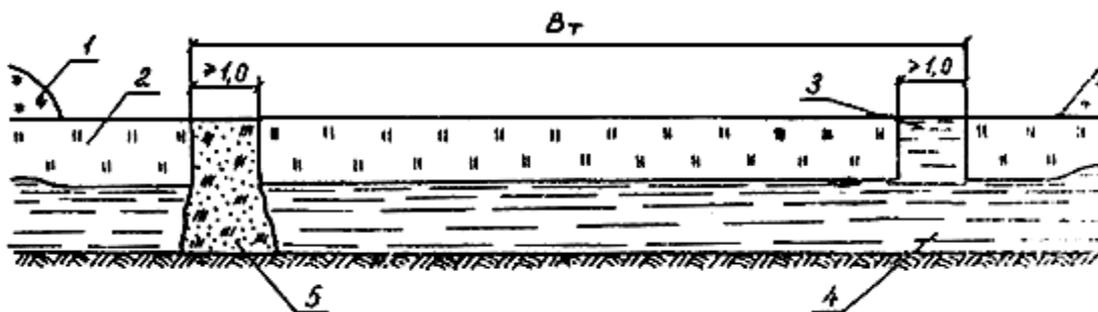
Способ устройства сухой траншеи назначают в каждом конкретном случае в зависимости от глубины озера, климатических условий периода строительства, толщины льда и наличия механизмов.

Общие технологические схемы производства работ показаны на рис.28-29.



*Рис.28. Устройство сухого котлована послойным намораживанием льда сверху:*

- 1 - валы снега от расчистки полосы; 2 - естественный ледяной покров; 3 - намораживаемые слои льда;  
4 - боковые снежно-ледяные валики; 5 - дно озера; 6 - вода



*Рис.29. Схема устройства перемычек:*

- 1 - валы снега после расчистки дорожной полосы на ширину 60 м; 2 - ледяной покров; 3 - прорезы во льду;  
4 - вода; 5 - перемычка из минерального грунта;  $B_T$  - ширина подготавливаемой сухой траншеи, равная ширине насыпи понизу

Метод естественного промораживания озера применяется при глубине водоема до 0,7 м. После образования ледяного покрова толщиной 0,3 м поверхность отведенной полосы систематически расчищают от снега на ширину не менее 60 м.

После полного промерзания водоема лед в границах основания насыпи разрыхляют бульдозерами-рыхлителями и удаляют бульдозерами за пределы траншеи.

Способ пригрузки ледяного покрова применяют на озерах глубиной более 0,7 м.

Будущий котлован по длине разбивают на ряд карт (каждая длиной по 200-250 м), которые обваловывают по периметру снегом. Поверх льда в каждой карте намораживается лед слоями толщиной до 10 см до тех пор, пока ледяной массив не опустится на дно озера.

После смерзания ледяного массива с дном озера производят рыхление и удаление льда за пределы траншеи.

При глубине озера до 1,5 м применяют метод устройства по бокам будущей траншеи грунтовых перемычек. При этом на очищенной от снега полосе шириной 60 м устраивают прорезы во льду шириной не менее 1 м по краям подошвы будущей насыпи.

Прорезы заполняют глинистым грунтом. Заполнение прорезей минеральным грунтом производят на всю глубину озера. Через каждые 200 м по длине траншеи устраивают поперечные валы-перемычки.

Откачивают воду из котлованов, оконтуренных перемычками, рыхлят лед и удаляют его за пределы траншеи.

При наличии в основании слабых грунтов промораживают дно траншеи на глубину не менее 0,4 м, после чего приступают к устройству нижней части насыпи из торфа.

Верхнюю часть насыпи из минеральных грунтов в зимний период отсыпают на высоту не менее чем на 0,5 м выше поверхности льда,

оставшуюся часть до проектной отметки, как правило, отсыпают после оттаивания грунта и стабилизации осадки.

## **2.7. Переходы через малые водотоки**

Переезд предназначен для пропуска автотранспорта, машин и механизмов при ремонте и строительстве трубопроводов.

В состав работ входят:

- укладка водопропускных труб;
- отсыпка дамбы минеральным грунтом;
- устройство песчаной подушки под ж/б дорожные плиты;
- выгрузка с автотранспорта дорожных плит и укладка их на песчаную подушку;
- рытье ям вручную и установка в них столбов ограждения.

### **2.7.1. Организация и технология выполнения работ**

Устройство временного переезда через малые водотоки следует выполнять в соответствии с требованиями СНиП III-42-80\* “Правила производства и приемки работ. Магистральные трубопроводы”, СНиП 3.02.01-87 “Земляные сооружения, основания и фундаменты”, СНиП 3.06.03.-85 “Автомобильные дороги”.

До начала работ следует:

- назначить лиц, ответственных за качественное и безопасное производство работ;
- инструктировать рабочих по технике безопасности;
- обеспечить рабочих необходимым оборудованием, инструментом, спецодеждой и обувью по установленным нормам;
- проверить грузозахватные приспособления.

Работы по устройству переезда проводят в следующей технологической последовательности:

- укладывают автокраном железобетонные трубы в русло водотока. Устраивают дамбу из минерального грунта с помощью бульдозера с послойным уплотнением. При отсыпке дамбы участок насыпи шириной не менее 2 м в каждую сторону от водопропускной трубы должен засыпаться горизонтальными слоями толщиной не более 20 см с тщательным уплотнением и одновременно с обеих сторон трубы на одинаковую высоту. Уплотнять грунт в непосредственной близости от трубы следует ручным механизированным или легким навесным инструментом. Не допускается уплотнять грунт тяжелыми трамбовочными машинами ударного действия на расстоянии от боковых стенок трубы не менее 3 м и при высоте над трубой менее 2 м;

- устраивают песчаную подушку под железобетонные дорожные плиты. Толщина отсыпаемого песчаного слоя должна составлять 25 см. Разравнивание песка производить бульдозером;

- укладывают железобетонные дорожные плиты автокраном на подготовленную песчаную подушку;

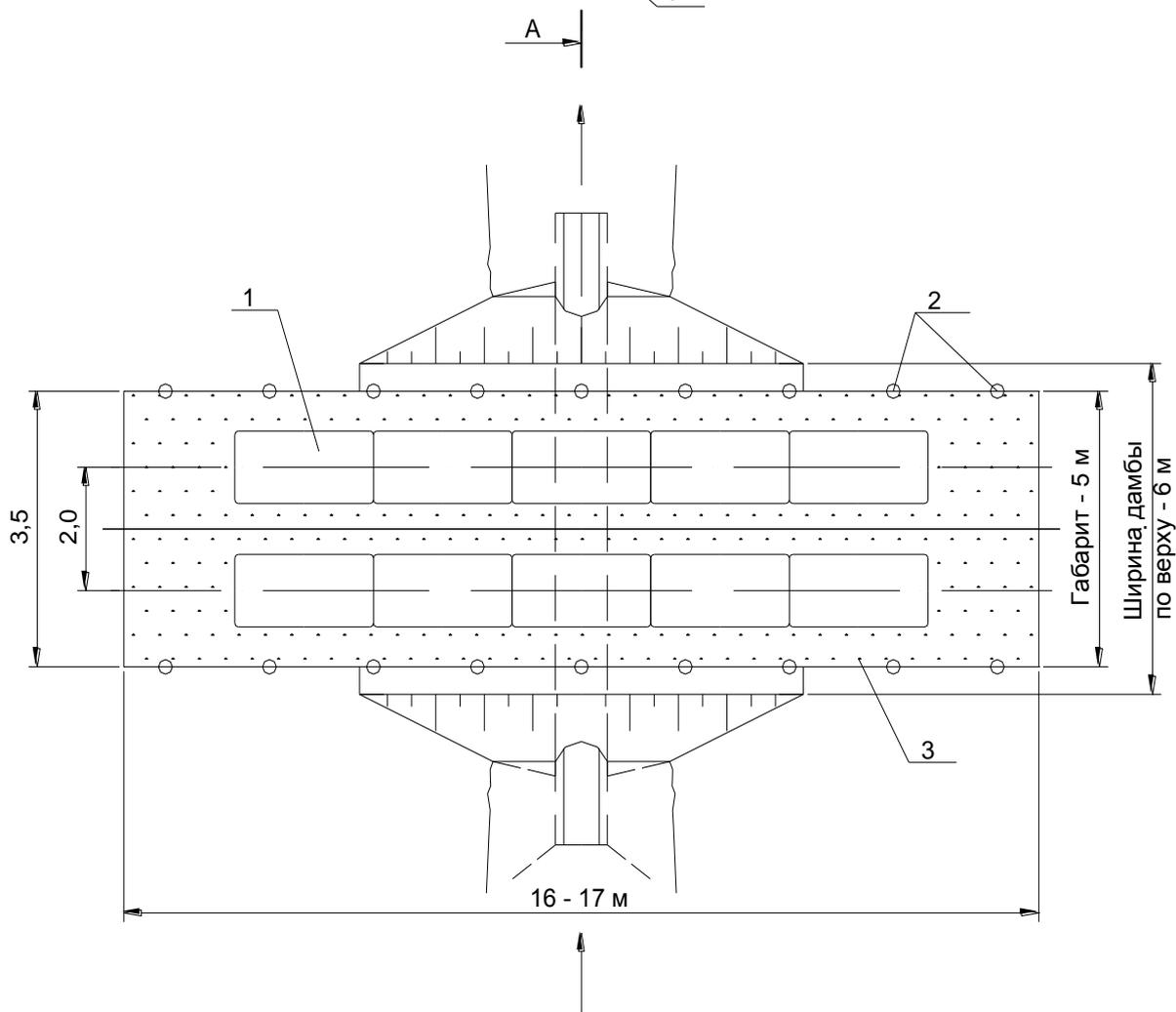
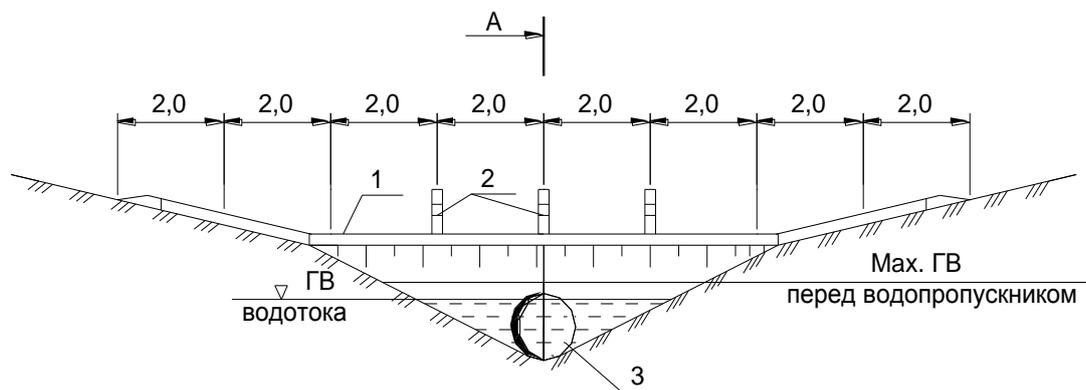
- роют ручную ямы глубиной до 70 см и устанавливают в них деревянные столбы ограждения диаметром до 25 см и длиной до 1,5 м;

- устанавливают ручную щебеночное (гравийное) покрытие поверхности дамбы, свободной от дорожных плит.

*Рис.28. Конструкция переезда через малые водотоки с укладкой ж/б труб*

1 – ж/б дорожные плиты; 2 – столбы ограждения; 3 – труба водопропускника;

песчано – гравийная отсыпка[9]



A - A

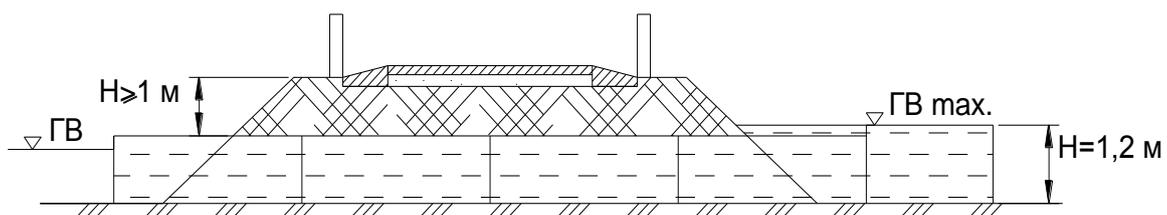


Таблица 6

Диаметр трубы, м	Глубина воды перед трубой, м	Расход воды, м <sup>3</sup> /с	Скорость на выходе из трубы, м/с
0,75	0,41	0,20	1,4
	0,62	0,40	1,7
	0,79	0,60	2,0
	0,9	0,74	2,2
1,0	0,68	0,60	2,1
	0,81	0,80	2,3
	0,93	1,0	2,4
	1,05	1,20	2,6
	1,16	1,40	2,8

Состав бригады по устройству переезда приведен в табл.7

Таблица 7

Профессия	Разряд	Кол – во, чел.
Машинист крана	6	1
Машинист бульдозера	6	1
Такелажник	3	1
Такелажник	2	1
Дорожный рабочий	4	1
Дорожный рабочий	3	1
Итого		6

### 2.7.2. Потребности в материалах

Потребность в машинах, инструменте, инвентаре приведена в табл.8.

*Таблица 8*

Наименование	Марка, тип, ГОСТ	Количество, шт
Кран автомобильный	КС-4561	1
Бульдозер	ДЗ-27 (Д-532)	1
Лопата копальная остроконечная	ЛКО-2 ГОСТ 19596- 87	4
Лопата подборочная	ЛП-2 ГОСТ 19596- 87	4
Строп четырёхветвевой	4КС1-25 ГОСТ 25573-82	1
Трамбовка ручная	-	4
Лом обыкновенный	ЛО-24, ЛО-28 ГОСТ 1405-83	2

Потребность в материалах приведена в табл.9.

*Таблица 9*

Наименование	Ед. изм.	Количество, шт
Водопропускные трубы железобетонные	шт/м	4/12
Минеральный грунт для отсыпки дамбы	м <sup>3</sup>	50
Песок строительный	м <sup>3</sup>	10
Щебень фракции до 40 мм	м <sup>3</sup>	8
Плиты железобетонные дорожные	шт	10
Столбы деревянные диаметром до 25 см длиной 1,5 м	шт	18

## 2.8. Конструкции насыпей на болотах с применением геотекстиля

При проектировании дорог классификация болот принята по СНиП 2.05.02-85:

*I тип* - болота, заполненные болотными грунтами, прочность которых в природном состоянии обеспечивает возможность возведения насыпи высотой до 3 м без бокового выдавливания грунта;

*II тип* - болота, содержащие в пределах болотной толщи хотя бы один слой, который может выдавливаться при некоторой интенсивности возведения насыпи высотой до 3 м, но не выдавливается при меньшей интенсивности возведения насыпи;

*III тип* - болота, содержащие в пределах болотной толщи хотя бы один слой, который при возведении насыпи высотой до 3 м выдавливается независимо от интенсивности возведения насыпи.

Конструкции земляного полотна дорог V категории, возводимых на болотах I, II и III типа с применением геотекстиля, приведены на рис. 29.

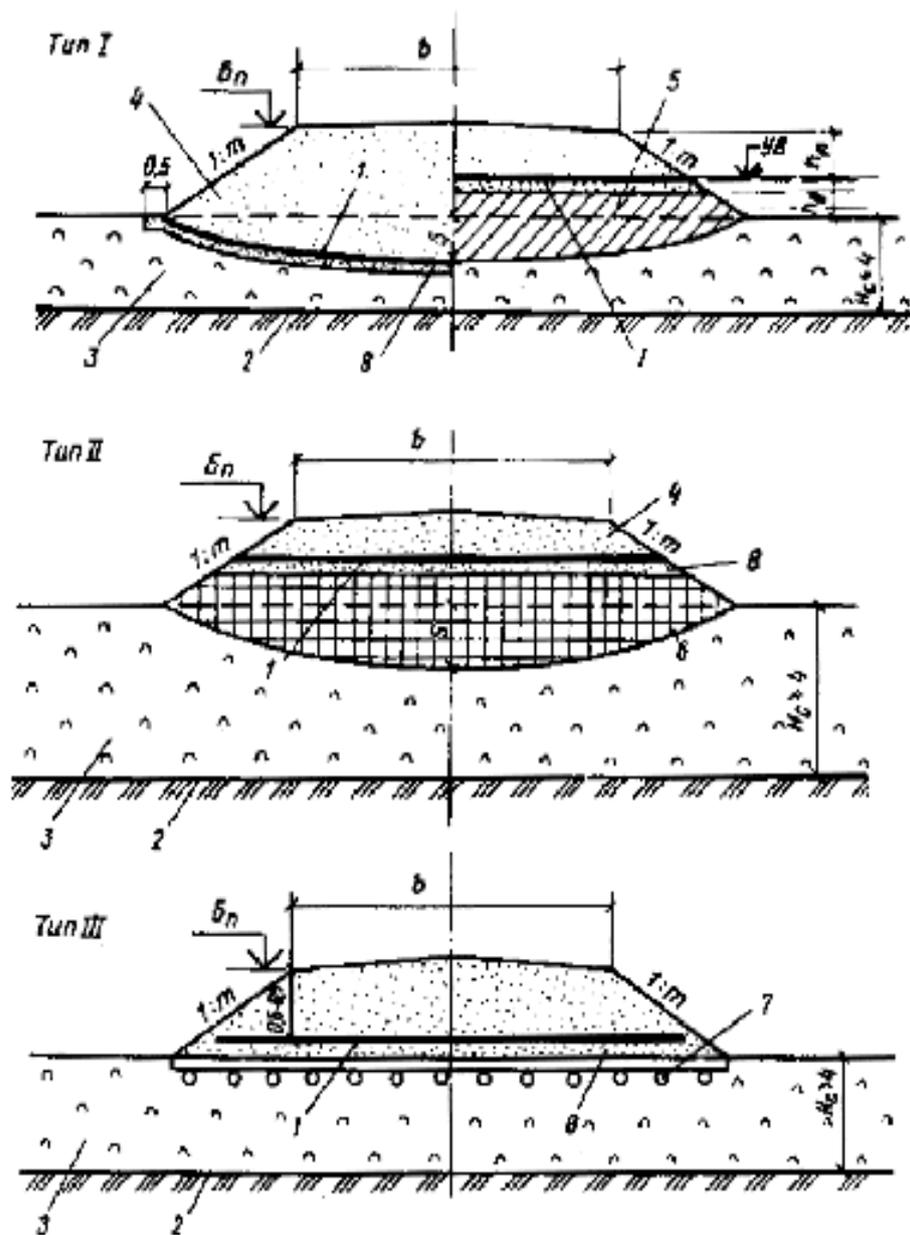
Применение конструкции типа I целесообразно при условии

$$h_n \geq S_t + h_b + 6h, \quad (33)$$

где  $h_n$  - толщина насыпного слоя по условию проезда;  $S_t$  - осадка основания насыпи за период службы дороги;  $h_b$  - высота поверхностных вод на участках подтопления при стоянии вод более 3 сут;  $6h$  - резервное возвышение бровки насыпи, принимаемое 0,2 м.

$$S_t = \frac{g \rho_n h_n}{U_t (E_c / H_c + g)}, \quad (34)$$

где  $g$  - ускорение свободного падения;  $\rho_n$  - плотность насыпного грунта;  $U_t$  - степень консолидации основания за время службы дороги, определяемая по табл. 10;  $E_c$  - модуль деформации слабого грунта под нагрузкой от массы насыпи, определяемый по табл. 11;  $H_c$  - расчетная мощность слабого слоя, но не более 1/2 ширины насыпи понизу.



*Рис. 29. Конструкции земляного полотна дорог на болоте с применением геотекстиля: [29]*

а - тип I; б - тип II; в - тип III; 1 - геотекстиль; 2 - минеральное дно болота; 3 - торф; 4 - песчаный грунт; 5 - суглинистый грунт; 6 - насыпь из местного торфа с уплотнением; 7 - лежневой настил, 8 - выравнивающий слой из песка толщиной 0,1 м;  $h_b$  - толщина слоя воды;  $h_n$  - возвышение проектной бровки земляного полотна над уровнем воды (УВ); S - осадка основания насыпи;  $H_c$  - мощность торфа

*Таблица 10*

t, мес	1	2	6	12
Ut	0,4	0,5	0,6	0,8

*Таблица 11*

Характеристика торфа	Влажность торфа, %	Модуль деформации торфа, E <sub>c</sub> , МПа, при нагрузке, МПа	
		0,015	0,05
Очень влажный	900 - 1200	0,09 - 0,065	0,2 - 0,18
Средней влажности	600 - 900	0,12 - 0,99	0,25 - 0,2
Маловлажный	300 - 600	0,18 - 0,12	0,5 - 0,25
Осушенный (уплотненный)	< 300	1 0,18	1 0,5

Условия применения типовых конструкций земляного полотна с геотекстилем следующие:

тип I применяется на участках болот глубиной до 4 м, сложенных плотным торфом и относящихся к I типу болот;

тип II применяется преимущественно на болотах II типа, а также на участках болот I типа глубиной более 4 м, сложенных торфом малой или средней влажности. Когда не выполняется условие

$$h_n \geq S_t + h_b + 6 h;$$

тип III применяется на болотах II и III типа, сложенных сильносжимаемыми слаборазложившимися торфами.

При сооружении насыпей полотна геотекстиля соединяются путем сшивки, сварки, склейки или внахлестку.

Ориентировочную толщину насыпей, обеспечивающую проезд автотранспорта см. в табл. 12.

Таблица 12

Среднемесячная интенсивность движения автомашин (в сутки)	Требуемая толщина $h_n$ на основании, м, сложенном грунтами			
	осушенным торфом	маловлажным торфом	глинистым грунтом	зоторфованным грунтом
Одиночные автомобили	0,4 - 0,6	0,5 - 0,1	0,25 - 0,4	0,4 - 0,5
До 50	0,5 - 0,8	0,6 - 0,8	0,4 - 0,6	0,5 - 0,8
Св. 50	0,6 - 0,9	0,7 - 1	0,5 - 0,8	0,6 - 0,9
Сверхтяжелые нагрузки (разовый проезд)	0,6 - 0,8	0,6 - 0,9	0,4 - 0,6	0,6 - 0,9

### 2.9. Земляное полотно на участках распространения глинистых грунтов повышенной влажности

Для возведения земляного полотна допускается применять грунты с влажностью, обеспечивающей возможность уплотнения до  $K_y$  не ниже 0,90. В земляном полотне из глинистых грунтов с влажностью выше допустимой (по СНиП 2.05.02-85) верхнюю часть следует проектировать из песчаных или супесчаных непучинистых грунтов с числом пластичности не более 3. Минимальная толщина  $h_{\min}$  насыпного слоя грунта из песчаных и непучинистых супесчаных грунтов от поверхности покрытия допускается для дорог общего пользования равной 1,2 м, промышленных - 1,0 м. Для насыпей, сооружаемых с использованием глинистых грунтов с влажностью

выше допустимой, необходимо предусматривать запас на осадку в соответствии с табл.13.

*Таблица 13*

Толщина слоя грунта, м	до 1,0	1,0-2,0	2,0-3,0
Запас на осадку, % (от толщины слоя)	5	6	8

Низкие насыпи высотой равной или меньшей  $h_{\min}$ , отсыпаемые на основаниях из глинистых грунтов, с влажностью выше допустимой, а также мелкие выемки следует проектировать. При высоте насыпи меньшей  $h_{\min}$  производится соответствующая замена грунта с влажностью выше допустимой в основании.[2]

Мелкие выемки разделяются под насыпь с частичной заменой грунта с влажностью выше допустимой. Выемки глубиной от 1 до 6 м устраиваются с закуветными полками или разделяются под насыпь с частичной заменой грунта с влажностью выше допустимой. Общая толщина дорожной одежды и привозного грунта  $h_{\min}$  принимаются так, как было сказано ранее.

При проектировании насыпей из глинистых грунтов с влажностью выше допустимой можно предусматривать их возведение как в летний, так и в зимний периоды. Для улучшения условий производства работ в летний период допускается предусматривать конструкции насыпи с чередованием

слоев глинистого грунта с влажностью выше допустимой и песка или легкой супеси с числом пластичности не более 3.

Толщина глинистых слоев назначается в зависимости от высоты насыпи, но не более 1,5 м, а песчаных - не более 0,5 м.

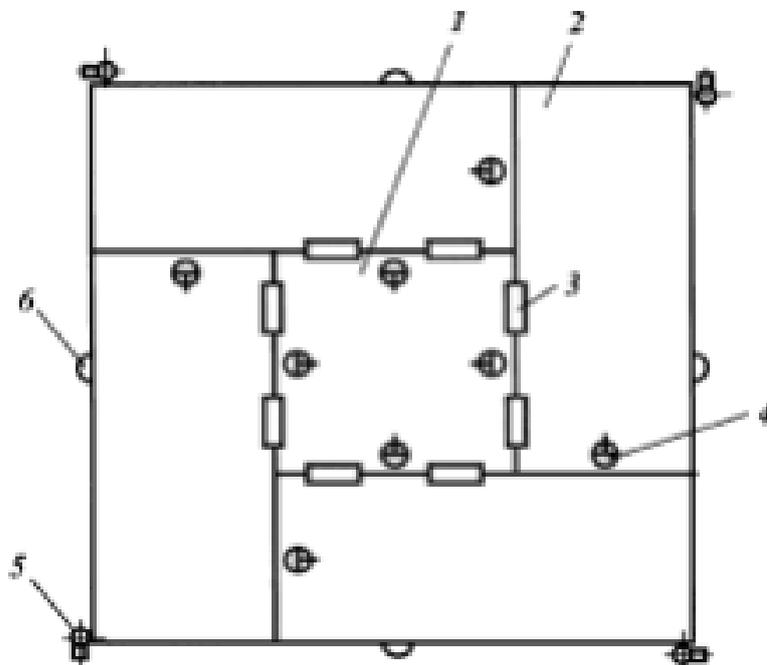
При соответствующем технико-экономическом обосновании песчаные слои частично могут быть заменены геотекстильными прослойками с толщиной материала не менее 4 мм.[2]

При необходимости улучшить условия производства работ при использовании грунтов с влажностью выше допустимой, а также для повышения надежности работы конструкции следует применять геотекстильные прослойки на границе между грунтом с влажностью выше допустимой и вышележащим слоем.



### 3. НОВЫЕ КОНСТРУКЦИИ ПОКРЫТИЙ

Институтом ИПТЭР разработана конструкция площадки, которая может быть использована при ремонте нефтепроводов на болотах (рис. 30).



*Рис. 30. Площадка:* 1 - центральный щит; 2 - боковой щит; 3 - шарнир; 4 - защелка; 5 - стойка; 6 - ушко строповочное

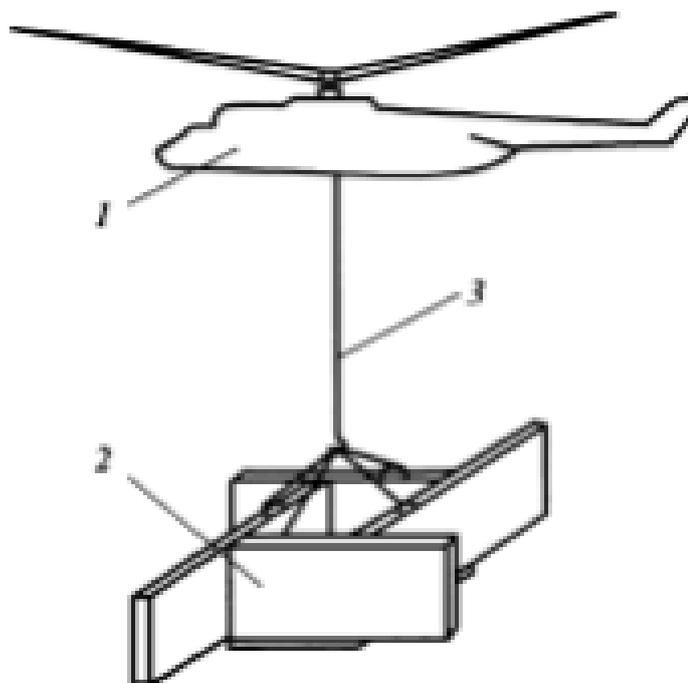


Рис. 31 Доставка площадки вертолетом.

1- вертолет; 2 - площадка; 3 — внешняя подвеска.

Площадка состоит из центрального щита 1 и прикрепленных к его боковым поверхностям щитов 2, выполненных из вспененных полимерных материалов с металлической облицовкой, соединенных шарнирами 3. Шарниры расположены по периметру центрального щита.

В рабочем положении щиты площадки фиксируются автоматическими защелками 4.

Во избежание крена при несимметричном приложении нагрузки площадка снабжена несущими стойками 5 свайного типа, расположенными по ее внешнему контуру. Стойки выполнены из труб и крепятся к щитам с помощью скоб и болтов. Стойки обеспечивают устойчивое положение площадки на поверхности болот.

Для транспортировки площадки предусмотрены строповочные ушки 6. Площадку доставляют к месту работ на внешней подвеске вертолета(рис. 31).

На месте работ контейнер устанавливают сначала на центральный щит 1, после освобождения строп под собственным весом раскладывают в площадку и фиксируют в таком положении автоматическими защелками 4. Далее устанавливают несущие стойки 5, освобождают защелки 4, стропуют площадку за ушки 6.

Сложенная для транспортировки площадка позволяет одновременно перевозить внутри образовавшегося контейнера грузы, необходимые для проведения ремонтных работ.

### **3.1. ПДПУ (плита дорожная универсальная)**

						<i>Общая часть</i>	Лист
Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док	Подп.	Дата		89



Человек здесь тонет, настил из ПДПУ – нет

Несколько лет назад, когда цены на нефть были гораздо ниже нынешних, российская нефть не попадала на мировой рынок из-за своей высокой стоимости. И все потому, что большую долю в стоимости добычи занимает строительство дорог через болота. Есть ли способ удешевить и технически усовершенствовать этот процесс?

Традиционно при строительстве дорог и кустовых оснований производится либо выдавливание болота до минерального дна, либо делается лежневый настил, на

который идет деловая древесина. Настил засыпается грунтом и тонет, снова засыпается, и снова тонет – и так почти до минерального дна, т.е.

фактически через болото насыпается дамба, нарушающая естественные водотоки, создающая предпосылки к будущим техногенным бедствиям.

Стоит такое сооружение недешево: тысячи кубометров качественного леса, которые надо привезти из тех мест, где он есть, да еще сверху миллионы кубометров грунта, которые надо взять не так далеко, но, зачастую, и не совсем рядом. А значит, тратятся тысячи тонн топлива. Вот только нужно ли ломать живую природу? Тем более что есть и другой опыт.

В 1994 г. на непроходимых болотных топях бригады ОАО «Самотлортранс» для АО «Черногорнефть» начали строить площадку под бурение и прокладывать к ней дороги на слабых грунтах, в основании которых лежала «хворостяная выстилка», выполненная по запатентованной технологии.

Консультировал строителей В.Д. Прохоренков, посвятивший многие годы изучению болот и возведению на них самых разных объектов. Несущая основа болота (мохо-растительный покров) осталась нетронутой. Вместо леса использовали отходы санитарной рубки, проводившейся на трассах ЛЭП. Их укладывали вручную по специальной технологии, а сверху

засыпали грунтом. И куст, и дороги получились плавающими. Именно в этом и заключалось принципиальное отличие новой технологии.

Таким образом, здесь были использованы естественная упругость болотного покрытия и слой песка толщиной 40 – 50 см, амортизированный хворостом. В этом и состоит один из главных секретов новой технологии:



независимо от опорной площади самого объекта его вес должна воспринимать вся площадка.

Испытания подтвердили все предпосылки. В центр кустовой площадки поставили несколько десятков груженых самосвалов «Гатра» общей массой более тысячи тонн. Прогиб в центре кустовой площадки составил всего 8 мм, и через 20 минут после снятия нагрузки он исчез

В. Д. Прохоренковым были разработаны конструкционные элементы, которые должны лечь в основу новой технологии строительства на заболоченной местности и других слабонесущих основаниях. Они получили название УНОК – универсальных несущих опорных конструкций.[29] Одна из них – ПДПУ



Укладка ПДПУ в болото

(плита дорожная универсальная), неплоские снизу плиты, быстро собираемые на месте строительства без сварки и прочих трудоемких крепежных операций. Благодаря своей форме они, подобно конструктору «Лего», собираются в единую конструкцию, сцепляясь между собой выступами и выемками. Плиты изготавливаются из железобетона, гребень на основании плиты может быть приваренным стальным или монолитным бетонным. Плиты имеют размеры в плане: ПДПУ-1 – 1 000x2 500 мм; ПДПУ-2 – 2 000x5 000 мм.

Собранная из плит конструкция реализует «принцип веника» – ее элементы работают как сами по себе, так и совместно. В результате приложенная к ней нагрузка в зависимости от ее величины распределяется на большую или меньшую площадь. Система в целом обеспечивает давление на грунт, не превышающее допустимого, вовлекая в работу более прочные глубинные слои грунта. При этом ее деформации носят упругий характер. Благодаря собранному из ПДПУ настилу несущая способность слабого болотного грунта повышается до  $6 \text{ т/м}^2$ , в то время как для лежневого настила она составляет всего  $2,5 \text{ т/м}^2$ . Но при этом единичная нагрузка определяется всей площадью конструкции.



Присыпали специально уложенный хворост небольшим слоем грунта и дорога готова

Стоимость одной ПДПУ хотя и превышает стоимость обычной железобетонной плиты того же размера, но остается в пределах сопоставимого. Производство этих плит можно быстро наладить практически на любом заводе ЖБИ. ПДПУ можно перевозить любыми видами наземного транспорта по минимальным тарифам (габаритный груз I класса), а для укладки требуется автокран или даже грузовик с мощным

краном-манипулятором, причем не обязательно полноприводный.

ПДПУ позволяет быстро строить и разбирать как временные, так и постоянные дороги или площадки. Например, 400 ПДПУ позволят проложить за 8 – 16 ч временную дорогу с шириной проезжей части 4 м и длиной 1 км к месту аварии трубопровода – по болотным, пойменным или переувлажненным грунтам. После ликвидации аварии дорогу можно разобрать за такое же время, а плиты хранить до следующей аварии или планового ремонта столь же труднодоступного участка. Дороги из ПДПУ не разбиваются, не теряют первоначальную ровность.

Важно, что при строительстве дорог и площадок из ПДПУ окружающая среда испытывает минимальное воздействие. Площадки и дороги не нарушают естественно сложенных грунтов, не требуют сооружения дренажа. Это особенно важно, если не забывать, что болота – это естественный аккумулятор пресной воды, который нельзя трогать. Этим правилом на протяжении многих лет пренебрегали и в результате получили мелеющие реки и погибшие леса.

Все перечисленные достоинства новой технологии в полной мере проявились при испытаниях, проведенных с участием СоюздорНИИ и МАДИ. Остается добавить, что ПДПУ защищены патентом.



МИ-8 на площадке из ПДПУ

## ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РАСЧЕТЫ

### 4.1. Исходные данные (Таблица №14)

Таблица 14

Параметры	
Диаметр трубопровода наружный $D_n$ , мм	1020
Производительность $Q$ , млн.м <sup>3</sup> /год	50
Длина трубопровода $L$ , км	800
Разность отметок начала и конца трубопровода $\Delta z = z_2 - z_1$ , м	20
Давление насосной станции $P_1$ , кг/см <sup>2</sup>	48
Давление в конце участка $P_2$ , кг/см <sup>2</sup>	2

### 4.2. Расчет толщины стенки трубопровода

Расчетную толщину стенки трубопровода  $\delta$ , см, следует определять по формуле:

$$\delta = \frac{n \cdot P \cdot D_n}{2(R_1 + n \cdot P)}; \quad (1)$$

где  $n=1,10$  - коэффициент надежности по нагрузке - внутреннему рабочему давлению в трубопроводе (СНиП 2.05.06-85\*табл. 13);

$P= 48$  кгс/см<sup>2</sup> -рабочее давление в трубопроводе;

$D_n= 1,02$  м — наружный диаметр трубы;

$R_1$  —расчетное сопротивление растяжению, определяется по формуле:

$$R_1 = \frac{R_1^H \cdot m_0}{k_1 \cdot k_n}; \quad (2)$$

где  $m_0= 0,90$  - коэффициент условий работы трубопровода (СНиП 2.05.06-85\* табл. 1);

$k_1 = 1,34$  - коэффициент надежности по материалу (СНиП 2.05.06-85 \* табл. 9);

$k_n= 1,05$  - коэффициент надежности по назначению трубопровода (СНиП 2.05.06-85\* табл. 11);

$R_1^H$  - нормативное сопротивление растяжению металла труб и сварных соединений, принимается равным минимальному значению временного сопротивления  $\sigma_{вр} = 540$  МПа;

$$R_1 = \frac{R_1^H \cdot m_0}{k_1 \cdot k_n} = \frac{540 \cdot 0,90}{1,34 \cdot 1,05} = 345,4 \text{ МПа};$$

$$\delta = \frac{n \cdot P \cdot D_n}{2 \cdot (R_1 + n \cdot P)} = \frac{1,10 \cdot 4,8 \cdot 1,02}{2 \cdot (345,4 + 1,10 \cdot 4,8)} = 0,0077 \text{ м.}$$

Полученное расчетное значение толщины стенки трубы округляется до ближайшего большего значения  $\delta_n$ , предусмотренного государственными стандартами и техническими условиями. Принимаем  $\delta_n = 10$  мм. При расчете толщины стенки трубы запас на коррозию не предусматривается.

#### 4.3. Определение номинальной толщины стенки труб

При наличии продольных осевых сжимающих напряжений толщину стенки следует определять из условия:

$$\delta = \frac{n \cdot P \cdot D_n}{2(R_1 \cdot \psi_1 + n \cdot P)}; \quad (3)$$

где  $\psi_1$  - коэффициент, учитывающий двухосное напряженное состояние труб, определяемый по формуле:

$$\psi_1 = \sqrt{1 - 0,75 \cdot \left( \frac{|\sigma_{npN}|}{R_1} \right)^2} - 0,5 \cdot \frac{|\sigma_{npN}|}{R_1}; \quad (4)$$

где  $\sigma_{npN}$  - продольное осевое сжимающее напряжение, МПа, определяемое от расчетных нагрузок и воздействий с учетом упругопластической работы металла труб, определяется по формуле:

$$\sigma_{npN} = -\alpha \cdot E \cdot \Delta t + \mu \cdot \frac{n \cdot P \cdot D_n}{2\delta_n} = -1,2 \cdot 10^{-5} \cdot 2,06 \cdot 10^5 \cdot 42 + 0,3 \cdot \frac{1,1 \cdot 4,8 \cdot 1,02}{2 \cdot 0,0077} = -1,0903 \text{ МПа}; \quad (5)$$

где  $\alpha = 1,2 \cdot 10^{-5}$  град - коэффициент линейного расширения металла трубы;

$E = 2,06 \cdot 10^5$  МПа - переменный параметр упругости (модуль Юнга);

$\mu = 0,26 - 0,33$  - переменный коэффициент поперечной деформации стали (коэффициент Пуассона);

$D_n = 1020$  мм - диаметр трубы.

$\Delta t$  - расчетный температурный перепад.

Абсолютное значение максимального положительного или отрицательного температурного перепада определяют по формулам:

$$\Delta t_{(+)} = \frac{\mu \cdot R_1}{\alpha \cdot E} = \frac{0,3 \cdot 345,4}{1,2 \cdot 10^{-5} \cdot 2,06 \cdot 10^5} = 42 \text{ град}; \quad (6)$$

$$\Delta t_{(-)} = \frac{(1 - \mu) \cdot R_1}{\alpha \cdot E} = 98 \text{ град.} \quad (7)$$

Отрицательное значение  $\sigma_{npN}$  означает, что присутствуют сжимающие напряжения. Так как имеются продольные напряжения, расчетную толщину стенки пересчитывают:



$q_{\text{верт}}$  - сопротивление вертикальным перемещениям отрезка трубопровода единичной длины, обусловленное весом грунтовой засыпки и собственным весом трубопровода, отнесенное к единице длины:

$$q_{\text{верт}} = n_{\text{зп}} \cdot \gamma_{\text{зп}} \cdot D_n \cdot \left( h_0 + \frac{D_n}{2} - \frac{\pi \cdot D_n}{8} \right) + q_{\text{мп}} \quad (14)$$

Величина  $P_0$  определяется по формуле:

$$P_0 = \pi \cdot D_n \cdot (C_{\text{зп}} + P_{\text{зп}} \cdot \text{tg} \varphi_{\text{зп}}); \quad (15)$$

Где

$k_0 = 5 \div 50 \text{ МН/м}^3$  - коэффициент постели грунта при сжатии для тугопластичной глины

$$f_{\text{зп}} = \text{tg} \varphi_{\text{зп}} = 0,25 \div 0,35;$$

$C_{\text{гр}} = 12 \div 40 \text{ (25) кПа}$  - коэффициент сцепления грунта;

$P_{\text{гр}}$  - среднее удельное давление на единицу поверхности контакта трубопровода с грунтом;

$\varphi_{\text{гр}} = 15 \div 18 \text{ (16)}^\circ$  - угол внутреннего трения грунта.

Величина  $P_{\text{гр}}$  вычисляется по формуле:

$$P_{\text{гр}} = \frac{2 \cdot n_{\text{зп}} \cdot \gamma_{\text{зп}} \cdot D_n \left[ \left( h_0 + \frac{D_n}{8} \right) + \left( h_0 + \frac{D_n}{2} \right) \cdot \text{tg}^2 \left( 45^\circ - \frac{\varphi_{\text{зп}}}{2} \right) \right] + q_{\text{мп}}}{\pi \cdot D_n}; \quad (16)$$

где  $n_{\text{гр}} = 0,8$  - коэффициент надежности по нагрузке от веса грунта;

$\gamma_{\text{гр}} = 16 \text{ кН/м}^3$  - удельный вес грунта;

$h_0 = 1,0 \text{ м}$  - высота слоя засыпки от верхней образующей трубопровода до поверхности грунта;

$q_{\text{тр}}$  — расчетная нагрузка от собственного веса заизолированного трубопровода с перекачиваемым продуктом:

$$q_{\text{мп}} = q_m + q_u + q_{\text{ип}} \quad (17)$$

Нагрузка от собственного веса металла трубы:

$$q_m = n_{\text{св}} \cdot \gamma_m \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (D_n^2 - D_{\text{вн}}^2); \quad (18)$$

где  $n_{\text{св}} = 0,95$  - коэффициент надежности по нагрузкам при расчете на продольную устойчивость и устойчивость положения;

$\gamma_m$  - удельный вес металла, из которого изготовлены трубы, для стали  $\gamma_m = 78500 \text{ Н/м}^3$ .

$$q_m = 0,95 \cdot 78500 \cdot \frac{3,14}{4} \cdot (1,02^2 - 1^2) = 2365,07, \text{ Н/м.}$$

Нагрузка от собственного веса изоляции для подземных трубопроводов:

$$q_u = n_{\text{св}} \cdot \pi \cdot D_n \cdot g \cdot (K_{\text{ин}} \cdot \delta_{\text{ин}} \cdot \rho_{\text{ин}} + K_{\text{об}} \cdot \delta_{\text{об}} \cdot \rho_{\text{об}}); \quad (19)$$

$$q_u = 0,1 \cdot q_m; \quad (20)$$

где  $K_{\text{ин}} = K_{\text{об}} = 2,30$  - коэффициент, учитывающий величину нахлеста для двухслойной изоляции;

$\delta_{и}=0,635\text{мм}$ ,  $\rho_{ипп}=1046\text{ кг/м}^3$  - соответственно толщина и плотность изоляции;  $\delta_{об}=0,635\text{мм}$ ,  $\rho_{об}=1028\text{ кг/м}^3$  - соответственно толщина и плотность оберточных материалов.

$$q_u = 0,95 \cdot 3,14 \cdot 1,02 \cdot 9,8 \cdot (2,30 \cdot 0,000635 \cdot 1046 + 2,30 \cdot 0,000635 \cdot 1028) = 90,349\text{ Н/м};$$

$$q_u = 0,1 \cdot q_m = 0,1 \cdot 2365 = 236,5\text{ Н/м}.$$

Принимаем большее значение  $q_u = 236,5\text{ Н/м}$ .

Нагрузка от веса нефти, находящейся в трубе единичной длины:

$$q_{np} = \rho_p \cdot g \cdot \frac{\pi \cdot D_{вн}^2}{4} = 0,87 \cdot 9,8 \cdot \frac{3,14 \cdot 1^2}{4} = 6,69\text{ Н/м}.$$

(21)

$$q_{mp} = 2365,07 + 236,5 + 6,69 = 2608,26\text{ Н/м}.$$

Среднее удельное давление на единицу поверхности контакта трубопровода с грунтом:

$$P_{cp} = \frac{2 \cdot 0,8 \cdot 16000 \cdot 1,02 \left[ \left( 1,0 + \frac{1,02}{8} \right) + \left( 1 + \frac{1,02}{2} \right) \cdot \text{tg}^2 \left( 45^\circ - \frac{16}{2} \right) \right] + 2608,26}{3,14 \cdot 1,02} = 16987,839\text{ Па};$$

Сопротивление грунта продольным перемещениям отрезка трубопровода единичной длины:

$$P_0 = 3,14 \cdot 1,02 \cdot (25000 + 16987,839 \cdot 0,3) = 96392,595\text{ Па};$$

Сопротивление вертикальным перемещениям отрезка трубопровода единичной длины, обусловленное весом грунтовой засыпки и собственным весом трубопровода, отнесенное к единице длины:

$$q_{верт} = 0,8 \cdot 16000 \cdot 1,02 \cdot \left( 1,0 + \frac{1,02}{2} - \frac{3,14 \cdot 1,02}{8} \right) + 2608,26 = 17100,42\text{ Н/м};$$

$$N_{кр} = 4,09 \cdot \sqrt[4]{96392,595^2 (2,06 \cdot 10^5)^5 \cdot 17100,42^4 \cdot 0,0317^2 \cdot 0,004^3} = 90937\text{ Н};$$

Вычисляем комплекс  $m_0 \cdot N_{кр} = 0,9 \cdot 90937 = 0,082\text{ МН}$ ; Имеем

$$S > m_0 \cdot N_{кр},\text{ МН}$$

Продольное критическое усилие для прямолинейных участков трубопроводов в случае упругой связи с грунтом определяем по формуле:

$$N_{кр}^2 = 2 \cdot \sqrt{k_0 \cdot D_n \cdot E \cdot J} = 2 \cdot \sqrt{40 \cdot 10^6 \cdot 1,02 \cdot 2,06 \cdot 10^5 \cdot 0,004} = 528793,7;$$

где  $k_0 = 40\text{ МН/м}^3$  - коэффициент нормального сопротивления грунта, или коэффициент постели грунта при сжатии;

Вычисляем комплекс  $m_0 \cdot N_{кр}^2 = 0,5 \text{ МН}$ ; Если  $S < m_0 \cdot N_{кр}^2, \text{ МН}$ , то условие устойчивости прямолинейных участков нефтепродуктопровода обеспечено.

Проверим общую устойчивость криволинейных участков трубопровода, выполненных с упругим изгибом:

Вычисляем параметры:

$$\theta_\beta = \frac{1}{\rho \cdot \sqrt[3]{\frac{q_{верт}}{E \cdot J}}} = \frac{1}{0,87 \cdot \sqrt[3]{\frac{17100}{2,06 \cdot 10^5 \cdot 0,004}}} = 0,4183; \quad (22)$$

$$Z_\beta = \frac{\sqrt{\frac{P_0 \cdot F}{q_{верт} \cdot J}}}{\sqrt[3]{\frac{q_{верт}}{E \cdot J}}} = \frac{\sqrt{\frac{96392,595 \cdot 0,0317}{17100 \cdot 0,004}}}{\sqrt[3]{\frac{17100}{2,06 \cdot 10^5 \cdot 0,004}}} = 48; \quad (23)$$

По номограмме определяем коэффициент -  $\beta_N = 14$ .

Для криволинейных (выпуклых) участков трубопровода, выполненных упругим изгибом, в случае пластической связи трубы с грунтом критическое усилие рассчитывается по 2-м условиям:

$$N_{кр}^3 = \beta_N \cdot \sqrt[3]{q_{верт}^2 \cdot E \cdot J} = 14 \cdot \sqrt[3]{17100^2 \cdot 2,06 \cdot 10^5 \cdot 0,004} = 0,8 \text{ МН}; \quad (24)$$

Если  $S < m_0 \cdot N_{кр}^3$ , то условие устойчивости криволинейных участков выполняется.

$$N_{кр}^4 = 0,375 \cdot q_{верт} \cdot \rho = 0,375 \cdot 17100 \cdot 870 = 6,4 \text{ МН}; \quad (25)$$

Если  $S < m_0 \cdot N_{кр}^4$ , то условие устойчивости для криволинейных участков выполняется.

Увеличение толщины стенки трубы, и пересчет всех параметров, зависящих от толщины стенки трубы, привело к еще большему увеличению разницы между фактическим эквивалентным продольным усилием в сечении трубы ( $S$ ) и критическим усилием ( $N_{кр}^4$ ). Исходя из необходимости выполнения всех выше приведенных условий устойчивости трубопровода, можно увеличить устойчивость криволинейных участков, увеличив радиус изгиба трубопровода:

$$R_{\beta_{\min}} = \frac{S}{0,375 \cdot m_0 \cdot q_{верт}} = \frac{5,176}{0,375 \cdot 0,9 \cdot 0,17} = 90 \text{ м}. \quad (26)$$

Тогда в случае упругой связи трубопровода с грунтом общая устойчивость трубопровода в продольном направлении будет обеспечена.

#### 4.5. Проверка на прочность подземного трубопровода в продольном направлении

Проверку на прочность следует производить из условия:

$$|\sigma_{npN}| \leq \psi_2 \cdot R_1; \quad (27)$$

где  $\sigma_{npN}$  - продольное осевое напряжение, МПа, определяемое от расчетных нагрузок и воздействий:

$$\sigma_{npN} = -\alpha \cdot E \cdot \Delta t + \mu \cdot \frac{n \cdot P \cdot D_n}{2\delta_n} = -1,2 \cdot 10^{-5} \cdot 2,06 \cdot 10^5 \cdot 42 + 0,3 \cdot \frac{1,1 \cdot 4,8 \cdot 1,02}{2 \cdot 0,01} = -23,04$$

$\psi_2$  - коэффициент, учитывающий двухосное напряженное состояние металла труб, при сжимающих осевых продольных напряжениях ( $\sigma_{npN} < 0$ ) определяется по формуле:

$$\psi_2 = \sqrt{1 - 0,75 \cdot \left(\frac{\sigma_{кц}}{R_1}\right)^2} - 0,5 \cdot \frac{\sigma_{кц}}{R_1} = \sqrt{1 - 0,75 \cdot \left(\frac{269,28}{345,4}\right)^2} - 0,5 \cdot \frac{269,28}{345,4} = 0,35 \quad (28)$$

где  $\sigma_{кц}$  - кольцевые напряжения от расчетного внутреннего давления, МПа, определяемые по формуле:

$$\sigma_{кц} = \frac{n \cdot P \cdot D_{вн}}{2 \cdot \delta_n} = \frac{1,1 \cdot 4,8 \cdot 1,02}{2 \cdot 0,01} = 269,28 \text{ МПа}; \quad (29)$$

Вычисляем комплекс  $\psi_2 \cdot R_1 = 120,89 \text{ МПа}$ ,  $|23,04| \leq 120,89$

Имеем  $|\sigma_{npN}| \leq \psi_2 \cdot R_1$ , следовательно, условие прочности трубопровода в продольном направлении выполняется.

#### 4.6. Проверка на предотвращение недопустимых пластических деформаций (по 2 условиям)

Для предотвращения недопустимых пластических деформаций подземных трубопроводов проверку необходимо производить по условиям:

$$|\sigma_{np}^H| \leq \psi_3 \cdot \frac{m_0}{0,9 \cdot k_n} \cdot R_2^H; \quad (30)$$

$$\sigma_{кц}^H \leq \frac{m_0}{0,9 \cdot k_n} \cdot R_2^H; \quad (31)$$

где  $\sigma_{np}^H$  - максимальные суммарные продольные напряжения в трубопроводе от нормативных нагрузок и воздействий, МПа;

$\psi_3$  - коэффициент, учитывающий двухосное напряженное состояние металла труб, при растягивающих продольных напряжениях ( $\sigma_{np}^H > 0$ ) принимаемый равным единице, при сжимающих ( $\sigma_{np}^H < 0$ ) определяемый по формуле:

$$\psi_3 = \sqrt{1 - 0,75 \cdot \left(\frac{\sigma_{кц}^H}{\frac{m_0}{0,9 \cdot k_n} \cdot R_2^H}\right)^2} - 0,5 \cdot \frac{\sigma_{кц}^H}{\frac{m_0}{0,9 \cdot k_n} \cdot R_2^H}; \quad (32)$$

$$\psi_3 = \sqrt{1 - 0,75 \cdot \left(\frac{245}{\frac{0,9}{0,9 \cdot 1,05} \cdot 380}\right)^2} - 0,5 \cdot \frac{245}{\frac{0,9}{0,9 \cdot 1,05} \cdot 380} = 0,47$$

где,  $R_2^H$  - нормативное сопротивление сжатию металла труб и сварных соединений, принимается равным минимальному значению предела текучести  $\sigma_{тек} = 380 \text{ МПа}$ ;

$\sigma_{кц}^H$  - кольцевые напряжения от нормативного (рабочего) давления, МПа, определяемые по формуле:

$$\sigma_{кц}^H = \frac{P \cdot D_{вн}}{2 \cdot \delta_n} = \frac{4,8 \cdot 1,02}{2 \cdot 0,01} = 245 \text{ МПа.} \quad (33)$$

Максимальные суммарные продольные напряжения  $\sigma_{пр}^H$  определяются от всех (с учетом их сочетания) нормативных нагрузок и воздействий с учетом поперечных и продольных перемещений трубопровода в соответствии с правилами строительной механики. В частности, для прямолинейных и упруго-изогнутых участков трубопровода при отсутствии продольных и поперечных перемещений трубопровода, просадок и пучения грунта максимальные суммарные продольные перемещения от нормативных нагрузок и воздействий - внутреннего давления, температурного перепада и упругого изгиба определяются по формуле:

$$\sigma_{пр}^H = \mu \cdot \sigma_{кц}^H - \alpha \cdot E \cdot \Delta t \pm \frac{E \cdot D_n}{2 \cdot \rho}; \quad (34)$$

$$\sigma_{пр}^H = 0,3 \cdot 245 - 1,2 \cdot 10^{-5} \cdot 2,06 \cdot 10^5 \cdot 42 \pm \frac{2,06 \cdot 10^5 \cdot 1,02}{2 \cdot 1000}$$

где  $\rho = 1100$  м. - минимальный радиус упругого изгиба оси трубопровода.

$$\sigma_{пр1}^H = +74,736 \text{ МПа};$$

$$\sigma_{пр2}^H = -135,384 \text{ МПа.}$$

Проверку выполняем по наибольшему по абсолютному значению продольным напряжениям  $\sigma_{пр1,2}^H = 74,736$  МПа.

$$\psi_3 = 0,47;$$

Вычисляем комплекс:

$$\psi_3 \cdot \frac{m_0}{0,9 \cdot k_n} \cdot R_2^H = 0,47 \cdot \frac{0,9}{0,9 \cdot 1,05} \cdot 380 = 170,095 \text{ МПа};$$

$$\frac{m_0}{0,9 \cdot k_n} \cdot R_2^H = \frac{0,9}{0,9 \cdot 1,05} \cdot 380 = 361,9 \text{ МПа};$$

Для предотвращения недопустимых пластических деформаций подземных трубопроводов проверим условия 30, 31:

$$|\sigma_{пр}^H| \leq \psi_3 \cdot \frac{m_0}{0,9 \cdot k_n} \cdot R_2^H \quad (74,7 \leq 170,095); \quad \sigma_{кц}^H \leq \frac{m_0}{0,9 \cdot k_n} \cdot R_2^H \quad (245 \leq 361,9)$$

Условия прочности трубопровода на предотвращение недопустимых пластических деформаций выполняются.

#### 4.7. Гидравлический расчет нефтепровода. Исходные данные

В качестве исходных данных при выполнении гидравлических расчетов должны использоваться:

– координаты начального, конечного пунктов нефтепровода, ответвлений к промежуточным пунктам приема и сдачи нефти;

- сжатый профиль и план трассы нефтепровода;
- заданная годовая пропускная способность нефтепровода по участкам нефтепровода и по этапам развития;
- расчетная вязкость и плотность нефти по участкам нефтепровода при расчетной температуре нефти ежемесячно;
- технические характеристики основного технологического оборудования (трубы, насосы, резервуары, запорная арматура, регулирующая арматура и т.д.) допустимого к применению.

Таблица 15

Q <sub>г</sub> , млн.т/год	50
Длина трассы L, км	800
Разность отметок начала и конца трубопровода AZ=Z <sub>2</sub> -Z <sub>1</sub> , м	20
Средняя плотность при данном диапазоне измерения температур ρ, т/м <sup>3</sup>	0,870
Давление, развиваемое насосной станцией P <sub>1</sub> кгс/см <sup>2</sup>	48
Остаточное давление в конце перегона P <sub>2</sub> , кгс/см <sup>2</sup>	2
Толщина стенки трубы δ, мм (принимается из определения толщины стенки тп)	10
Наружный диаметр трубопровода D, мм	1020
Высота грунта над верхней образующей трубы h, м	1
Кинематическая вязкость нефти ν*10 <sup>-4</sup>	0,1348

1) Секундный расход нефти:

$$Q_c = \frac{Q_g}{N_z \cdot 24 \cdot \rho \cdot 3600} = \frac{50 \cdot 10^6}{353 \cdot 24 \cdot 0,87 \cdot 3600} = 1,8897, \text{ м}^3/\text{с}.$$

где N<sub>z</sub> =353/351 дней - расчетное число рабочих дней для магистрального нефтепровода диаметром свыше 820 мм и длиной свыше 500 до 800 км.

2) Внутренний диаметр трубопровода:

$$d = D - 2 \cdot \delta = 1,02 - 2 \cdot 0,01 = 1 \text{ м}.$$

3) Средняя скорость течения нефти по трубопроводу рассчитывается по формуле:

$$V = \frac{4 \cdot Q_c}{\pi \cdot d^2} = \frac{4 \cdot 1,8897}{3,14 \cdot 1^2} = 2,42, \text{ м/с.}$$

4) Проверка режима течения

$$Re = \frac{V \cdot d}{\nu} = \frac{2,42 \cdot 1}{0,1348 \cdot 10^{-4}} = 179525,223$$

По необходимости, находим  $Re_I$  и  $Re_{II}$ .

$$Re_I = 10 \frac{d}{0,15} = 66,666; \quad Re_{II} = 500 \frac{d}{\varepsilon} = 4 \cdot 10^6; \quad \varepsilon = \frac{e}{d}$$

Определяем зону и режим течения трубопровода:

Так как  $Re_I < Re < Re_{II}$ , следовательно, имеет место зона смешанного трения, где  $Re = f(Re, \varepsilon)$ .

5) В настоящее время в зоне смешанного трения  $\lambda$  - коэффициент гидравлического сопротивления определяется из формулы Альтшуля:

$$\lambda = 0,11 \left( \frac{68}{Re} + \frac{k_s}{D} \right)^{0,25} = 0,11 \left( \frac{68}{179525,223} + \frac{0,15}{1000} \right)^{0,25} = 0,017.$$

6) Гидравлический уклон находим по формуле:

$$i = \frac{\lambda}{d} \cdot \frac{V^2}{2 \cdot g} = \frac{0,017}{1000} \cdot \frac{2,42^2}{2 \cdot 9,8} = 0,005$$

7) Потери напора на трение в трубопроводе:

$$h_{mp} = i \cdot L = 0,005 \cdot 800 \cdot 10^3 = 4000 \text{ м.}$$

8) Потери напора на местные сопротивления:

$$h_{mc} = 0,02 \cdot h_{mp} = 0,02 \cdot 4000 = 80 \text{ м.}$$

9) Полные потери напора в трубопроводе:

$$H = h_{mp} + h_{mc} + \Delta z = 4000 + 80 + 20 = 4100 \text{ м.}$$

#### 4.8. РАСЧЕТ ПРОХОДИМОСТИ РАЗЛИЧНОЙ ТЕХНИКИ И ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ В ЗИМНЕЕ ВРЕМЯ

Дороги на промороженном основании и ледяные переправы через реки и озера являются основными для зимнего периода строительства трубопроводов, особенно для районов Западной Сибири.

Проходимость различной техники и транспортных средств по промерзшим болотам в зимнее время можно определить по формуле:

$$h = \frac{k}{\alpha} \sqrt{Q} + \beta \quad (1.10)$$

$h$  - толщина промерзшего слоя, см;  $k$  - коэффициент проходимости (для гусеничных машин  $k = 9$ , для колесных  $k = 11$ );  $\alpha$  - коэффициент, зависящий от вида болота (для травянистых болот  $\alpha = 2$ , для остальных видов болот  $\alpha = 1,6$ );  $Q$  - масса механизма в рабочем состоянии, т; ( $\beta$  - температурная поправка, равная 2-3 см, вводится при температуре воздуха выше  $-5^{\circ}\text{C}$ ).

Расчетную толщину льда  $h_{\text{РАСЧ}}$  ледяных переправ (при отсутствии в нем трещин) для передвижения транспортных средств и строительной техники определяют по формулам:

$$h_{\text{РАСЧ}} = 9k_{\text{Л}} \sqrt{Q}; \quad (1.11)$$

$$h_{\text{РАСЧ}} = 12k_{\text{Л}} \sqrt{Q}, \quad (1.12)$$

где  $k_{\text{л}}$  - коэффициент прочности льда, зависящий от средней температуры воздуха за последние трое суток ( $k_{\text{л}} = 1$  при  $-10^{\circ}\text{C}$  и ниже,  $k_{\text{л}} = 1,1$  при  $-5^{\circ}\text{C}$ ,  $k_{\text{л}} = 1,4$  при  $0^{\circ}\text{C}$ ,  $k_{\text{л}} = 1,5$  при  $t > 0^{\circ}\text{C}$ ).

Исходные данные:

- $Q$  для гусеничной нагрузки принимаем 60т.
- $Q$  для колесной нагрузки принимаем 80т.
- $k=9$ (для гусеничных машин)
- $k=11$ (для колесных машин)
- травянистые болота

Алгоритм решения:

Проходимость техники по промерзшим болотам для гусеничных машин-

$$h = \frac{k}{\alpha} \cdot \sqrt{Q} + \beta = \frac{9}{2} \cdot \sqrt{60} + 2 = 36,86 \text{ см}$$

Проходимость техники по промерзшим болотам для колесных машин-

$$h = \frac{k}{\alpha} \cdot \sqrt{Q} + \beta = \frac{11}{2} \cdot \sqrt{80} + 2 = 51,19 \text{ см}$$

Расчетная толщина льда ледяных переправ—

при  $-10^{\circ}\text{C}$

-для гусеничных

$$h_{\text{расчет}} = 12 \cdot k_{\text{л}} \cdot \sqrt{Q} = 12 \cdot 1 \cdot \sqrt{60} = 92,95 \text{ см}$$

$$h_{\text{расчет}} = 9 \cdot k_{\text{л}} \cdot \sqrt{Q} = 9 \cdot 1 \cdot \sqrt{60} = 69,71 \text{ см}$$

-для колесных

$$h_{\text{расчет}} = 12 \cdot k_{\text{л}} \cdot \sqrt{Q} = 12 \cdot 1 \cdot \sqrt{80} = 107,33 \text{ см}$$

$$h_{\text{расчет}} = 9 \cdot k_{\text{л}} \cdot \sqrt{Q} = 9 \cdot 1 \cdot \sqrt{80} = 80,49 \text{ см}$$

при  $-5^{\circ}\text{C}$

-для гусеничных

$$h_{\text{расчет}} = 12 \cdot k_{\text{л}} \cdot \sqrt{Q} = 12 \cdot 1,1 \cdot \sqrt{60} = 102,25 \text{ см}$$

$$h_{\text{расчет}} = 9 \cdot k_{\text{л}} \cdot \sqrt{Q} = 9 \cdot 1,1 \cdot \sqrt{60} = 76,68 \text{ см}$$

-для колесных

$$h_{\text{расчет}} = 12 \cdot k_{\text{л}} \cdot \sqrt{Q} = 12 \cdot 1,1 \cdot \sqrt{80} = 118,06 \text{ см}$$

$$h_{\text{расчет}} = 9 \cdot k_{\text{л}} \cdot \sqrt{Q} = 9 \cdot 1,1 \cdot \sqrt{80} = 88,55 \text{ см}$$

при  $t > 0^\circ\text{C}$

-для гусеничных

$$h_{\text{расчет}} = 12 \cdot k_{\text{л}} \cdot \sqrt{Q} = 12 \cdot 1,5 \cdot \sqrt{60} = 139,43 \text{ см}$$

$$h_{\text{расчет}} = 9 \cdot k_{\text{л}} \cdot \sqrt{Q} = 9 \cdot 1,5 \cdot \sqrt{60} = 104,57 \text{ см}$$

-для колесных

$$h_{\text{расчет}} = 12 \cdot k_{\text{л}} \cdot \sqrt{Q} = 12 \cdot 1,5 \cdot \sqrt{80} = 160,99 \text{ см}$$

$$h_{\text{расчет}} = 9 \cdot k_{\text{л}} \cdot \sqrt{Q} = 9 \cdot 1,5 \cdot \sqrt{80} = 120,74 \text{ см}$$

#### 4.9. МЕТОДИКА И РАСЧЕТ КОНСТРУКЦИЙ ВРЕМЕННОЙ ДОРОГИ ИЗ ЛЕСОМАТЕРИАЛА В ЗАБОЛОЧЕННОЙ МЕСТНОСТИ

Методика определения несущей способности и осадки торфяной залежи

I. На основании данных изысканий определяют тип торфа и его физико-механические свойства, включая:

а - степень разложения торфа, %;

$A_0$  - удельное сопротивление сжатию единицы площади торфяного основания, кгс/см<sup>2</sup>;

$B_0$  - силу сопротивления срезу, отнесенную на 1 см длины периметра  $\Pi$  штампа, кгс/см;

$K$  - коэффициент деформируемости торфяной залежи, см;

$a$  - коэффициент уплотнения торфа, см<sup>2</sup>/кг.

Значения указанных величин для некоторых видов торфа приведены в табл. 26.

Таблица 26

Вид торфа	Степень разложения	Весовая влажность $W$ , %	$A_0$ , кгс/см <sup>2</sup>	$B_0$ , кгс/см	$K$ , см	$a$ , кгс/см <sup>2</sup>	$P_0$ , кгс/см <sup>2</sup> *
Осоковый	45 - 50	450 - 470	0,19	4,75	4,7	0,10	0,23
"	30	450 - 520	0,46	6,62	4,85	0,10	0,53
"	25 - 30	430 - 520	0,10	5,00	6,35	0,13	0,15
"	30 - 35	730 - 900	0,18	4,56	7,20	0,15	0,24
"	20 - 25	1010 - 1150	0,16	6,40	7,70	0,16	0,22
Осоково-топяной	30	680	0,18	4,56	3,46	0,08	0,23
"	40	1000	0,15	3,50	4,0	0,09	0,19
Гипновый	25 - 30	570	0,376	9,42	6,3	0,13	0,47
"	20	1000	0,324	8,10	6,2	0,12	0,40
"	25	1000	0,36	8,95	6,9	0,14	0,45
Гипново-	25 - 30	570	0,38	8,72	6,5	0,13	0,47

топяной							
Топяной	15 - 30	450 - 610	0,40	8,50	6,3	0,13	0,48
Осоково-лесной	45 - 50	450 - 520	0,18	4,60	4,50	0,10	0,23
Древесно-осоковый	35 - 40	450 - 520	0,51	6,10	5,27	0,11	0,57
Древесно-тростниковый	35 - 45	350 - 400	0,86	4,95	4,75	0,11	0,91
Сосново-пушицевый	40 - 60	520 - 620	0,315	6,64	4,0	0,09	0,38
Пушицевый	40 - 60	470 - 620	0,315	6,64	4,0	0,09	0,38
Сфагновый	25 - 30	810 - 1000	0,562	7,78	12,2	0,25	0,64
Сфагновый с пушицей	25 - 35	810 - 1000	0,25	8,84	9,0	0,19	0,34
Сфагновый	20 - 25	1000 - 1330	0,545	6,82	9,6	0,20	0,61
Сфагново-пушицевый	25 - 35	810 - 1000	0,25	6,89	12,2	0,25	0,32
Комплексный	15 - 20	670 - 1150	0,57	3,63	10,1	0,24	0,60
То же	15 - 20	1000 - 1330	0,545	6,82	9,72	0,20	0,61

\* Наибольшее удельное давление определено при штампе 4,5'4,5 м.

2. Несущая способность торфяной залежи при однократном загрузении может быть определена по формуле

$$P_0 = A_0 + B_0 \frac{L}{S},$$

где  $P_0$  - наибольшее удельное сопротивление сжатию болотистого грунта, кгс/см<sup>2</sup>;

$L$  - периметр штампа, см;

$S$  - площадь штампа, см<sup>2</sup>; определяется как произведение ширины основания дороги на длину загрузения.

Значение  $P_0$  для некоторых видов торфа может быть взято из табл. [26](#).

Ввиду многократности воздействия нагрузок, неоднородности торфяной залежи, недостаточной изученности удельное допустимое сопротивление  $R_g$  принимается равным  $R_g = 0,6 P_0$ .

3. Осадка торфяного основания  $h_N$  при многократном воздействии нагрузки и  $P < P_0$  (по П.С. Власову) равна

$$h_N = h + \frac{a C_v \eta Q}{\sqrt{S}} \cdot \lg N,$$

где  $h$  - осадка при однократном воздействии нагрузки, определяемая по формуле (по С.С. Корчунову), см;

$$h = -2,3K \lg \left( 1 - \frac{P}{P_0} \right);$$

$K$  - коэффициент деформируемости залежи, см;

$P$  - удельное давление транспортного средства на грунт, кгс/см<sup>2</sup>;

$a$  - коэффициент уплотнения, см<sup>2</sup>/кг;

$Q$  - величина нагрузки, кг;

$\eta$  - динамический коэффициент, равный 1,2;

$C_v$  - коэффициент, зависящий от скорости движения (для некоторых скоростей данные  $C_v$  см. в табл. [27](#)).

Таблица 27

$v$ , км/ч	5 - 8	10 - 15	15 - 20	20 - 25	25 - 30
$C_v$	1,3	1,2	1,1	1,05	1,00

4. Осадка основания  $\delta$  при длительном загрузении (по Н.Н. Сидорову) составит:

$$\delta = \lambda_{\max} \varphi(H) f(P),$$

где  $\lambda_{\max}$  - коэффициент, зависящий от вида торфяной залежи, степени разложения и влажности, изменяющийся в пределах от 0,4 до 0,9. При отсутствии компрессионных испытаний  $\lambda_{\max}$  определяют по формулам табл. [28](#).

Таблица 28

Вид торфа	Степень разложения, %	$\lambda_{\max}$
Малоразложившийся	До 20	$\lambda_{\max} = \frac{w - 120}{63 + w}$
Среднеразложившийся	20 - 40	$\lambda_{\max} = \frac{w - 185}{63 + w}$
Сильноразложившийся	Более 40	$\lambda_{\max} = \frac{w - 250}{63 + w}$

где  $w$  - весовая влажность торфа в %.

$\varphi(H)$  - коэффициент, зависящий от мощности торфа (находят по графику рис. 26, где  $\gamma_t$  - объемная масса, которая изменяется обычно в пределах 0,4 - 0,7 т/м<sup>3</sup>);

$f(P)$  - коэффициент, зависящий от прилагаемой нагрузки, кгс/см<sup>2</sup> (находят по графику рис. 26, где  $M$  - параметр, зависящий от типа болота и принимаемый обычно равным 1,5).

5. Число рядов продольно-поперечного настила основания подбирают в зависимости от максимальной осадки с таким расчетом, чтобы верх основания был в одном уровне с поверхностью болота или выше его при длительном воздействии максимальной нагрузки.

6. При расчете конструкции дороги, предназначенной для обеспечения монтажа и укладки с нее трубопровода, когда происходит внецентренное приложение нагрузки, максимальная величина удельного давления на болотный грунт  $P_{\max}$  от укладочных средств и полная нагрузка  $Q_{\max}$  с учетом подъема и опускания труб должна быть увеличена в 1,3 раза.

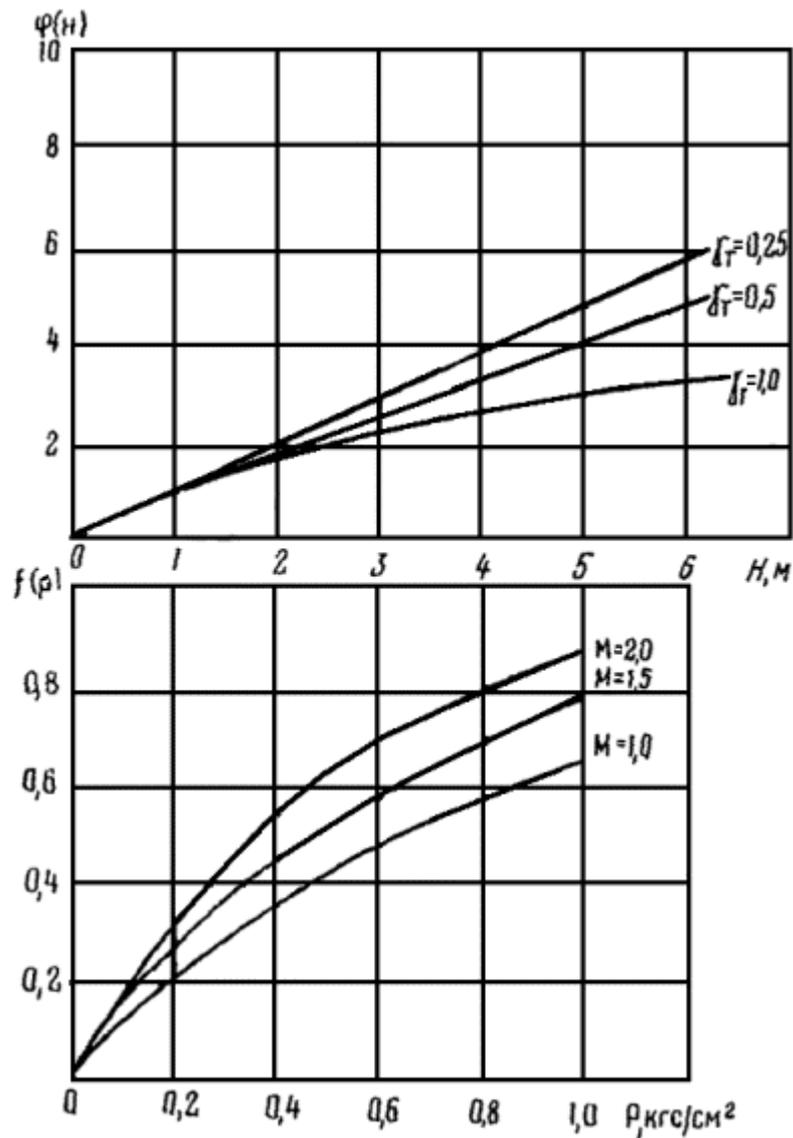


Рис. 26. Зависимость осадки от мощности торфяной залежи и от прилагаемой нагрузки:

$H$  - мощность торфяной залежи, м;  $P$  - прилагаемая нагрузка,  $\text{кгс/см}^2$ ;  $\gamma_T$  - объемная масса торфа,  $\text{г/см}^3$ ;  $M$  - параметр, зависящий от типа болота

### 7. Расчет конструкции временной дороги из лесоматериалов.

Согласна данным изысканий имеем следующую характеристику торфа:

вид - осоково-лесной;

степень разложения - 45 - 50 %;

влажность  $W = 150 - 520$  %.

По табл. 26 определяем коэффициенты  $A_0$ ,  $B_0$  и  $K$ , которые будут равны:

$$A_0 = 0,18 \text{ кгс/см}^2, B_0 = 4,60 \text{ кг/см}, K = 4,50 \text{ см.}$$

Несущая способность торфяной залежи при ширине дороги 6 м будет равна:

$$P_0 = A_0 + B_0 \frac{II}{S} = 0,18 + 4,60 \frac{(600 \cdot 2 + 600 \cdot 2)}{600 \cdot 600} = 0,18 + 0,031 = 0,21 \text{ кгс/см}^2.$$

Примечание. Размеры штампа определены из условия применения сборного деревянного покрытия при ширине дороги 6 м и длине загрузки 6 м.

Осадка основания под нагрузкой 20 т при стократном загрузении будет равна:

$$h_N = 2,3K \lg \left( 1 - \frac{P}{P_0} \right) + \frac{\alpha C_v \eta Q}{\sqrt{S}} \lg N = -2,3 \cdot 4,5 \lg \left( 1 - \frac{0,055}{0,21} \right) + \frac{0,10 \cdot 1,3 \cdot 1,2 \cdot 20000}{\sqrt{600 \cdot 600}} \lg 100 =$$

$$= 1,34 + 10,4 \approx 12 \text{ см.}$$

Осадка основания под нагрузкой 20 т при длительном загрузении будет равна:

$$\delta = \lambda_{\max} \varphi(H) f(P) = 0,5 \cdot 2,5 \cdot 0,10 = 12,5 \text{ см}$$

$$\text{при } \lambda_{\max} = \frac{w - 250}{63 + w} = \frac{520 - 250}{63 + 520} \approx 0,5.$$

Если эта нагрузка будет приложена внецентренно при монтаже трубопровода с дороги, то осадка увеличится на 30 % и составит  $h'_N = 1,3 \cdot 12,0 \text{ см} \approx 16 \text{ см}$  и  $d = 1,3 \cdot 12,5 \approx 17 \text{ см}$  ( $h'_N$  - осадка от внецентренно приложенной нагрузки).

Таким образом, чтобы верх основания дорожной одежды был выше уровня поверхности болота, нужно устроить поперечный настил в основании дороги из деревянных брусьев (или бревен) толщиной 20 см или взять бревна меньшего диаметра, например 12 см, и добавить хворостяную выстилку под них толщиной в плотном состоянии не менее 5 см, чтобы толщина основания была больше максимальной расчетной величины осадки  $\delta \approx 17 \text{ см}$  или равна ей.

# ВЫБОР ОБОРУДОВАНИЯ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ОСНАСТКИ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ НЕФТЕПРОВОДОВ НА БОЛОТАХ ВТОРОГО И ТРЕТЬЕГО ТИПОВ

## 5.Экономическая часть

### 5.1.Общие данные

В состав сметных расценок на эксплуатацию машин Смаш входят следующие статьи затрат (руб./маш.-час) :

$$\text{Смаш.} = \text{А} + \text{Р} + \text{ЗЧ} + \text{З} + \text{Э} + \text{С} + \text{Г} + \text{П} ;$$

где А - амортизационные отчисления на полное восстановление;

Р – затраты на выполнение всех видов ремонта, диагностирование и техническое обслуживание;

ЗЧ – затраты на замену запасных частей;

З – оплата труда рабочих;

Э – затраты на энергоносители;

С – затраты на смазочные материалы;

Г – затраты на гидравлическую и охлаждающую жидкость;

П – затраты на перебазировку машин с одной строительной площадки (базы механизации) на другую строительную площадку (базу механизации), включая монтаж машин с выполнением пуско-наладочных работ, демонтаж, транспортировку с погрузочно-разгрузочными работами. По особо сложным и мощным машинам на операции, связанные с их перебазировкой, разрабатываются отдельные расценки и соответствующие затраты учитываются в сметах отдельными строками.

Амортизационные отчисления на полное восстановление определяется по формуле:

$$\text{Асм} = \text{Вс} * \text{На} * \text{Ка} / \text{Т} * 100;$$

где Вс – средневзвешенная восстановительная стоимость машин данной типоразмерной группы, учитывающая структуру парка по их

маркам на дату введения в действие сметной расценки, руб.

Показатель (Вс) определяется по формуле:

$$Вс = Ц + Зд;$$

где Ц – средне-взвешенная цена по маркам машин данной типоразмерной группы при определении затрат на эксплуатацию, определяемая на основе рыночных цен и показателей балансовой стоимости на дату введения в действие сметной расценки (без учета НДС).

Показатель (Ц) для универсальных машин должен учитывать приобретение 2-х, 3-х видов сменного рабочего оборудования.

Зд – затраты на первоначальную доставку машины от продавца к потребителю с учетом транспортных расходов, затрат на погрузочно-разгрузочные работы, затрат на тару, упаковку, заготовительно-складских расходов на дату введения в действие сметной расценки. Показатель (Зд) определяется на основе анализа транспортных схем доставки.

Показатель (Вс) также может определяться по формуле:

$$Вс = Ц * Кз.д.;$$

где Кз.д. – коэффициент затрат на первоначальную доставку, который определяется по фактически сложившемуся уровню затрат, характерному для данного региона;

На – норма амортизационных отчислений, процент/год. Показатели (На) принимаются по установленным единым нормам амортизационных отчислений.

Ка – коэффициент к норме амортизационных отчислений, учитывающий отраслевую и региональную специфику использования строительных машин и автотранспортных средств при производстве строительно-монтажных работ, а также интенсивность их использования. Коэффициент (Ка) применяется при привязке сметных норм и расценок на эксплуатацию машин к конкретным условиям строительства. При установлении показателя (Ка) следует руководствоваться: положением по применению единых норм амортизационных отчислений на полное

восстановление основных фондов. Коэффициент (Ka) дифференцирован по трем уровням. При разработке сметных норм и расценок на эксплуатацию машин учитывается средний режим интенсивности использования, при котором  $Ka = 1$  и соответствует основным значениям норм амортизационных отчислений на полное восстановление основных фондов.

T – годовой режим эксплуатации машины. Показатель (T) устанавливается на основе анализа фактических данных по использованию строительных машин в течение года на основании сменных рапортов. Потеря времени в связи с отсутствием работ учитываться не должны.

$$T = (365 - (52 * 2 + Пд + М + Р + П)) * Kрс * Kс;$$

где 365 – количество дней в году;

52 – количество недель;

2 – количество нерабочих дней в недели;

Пд – количество праздничных дней;

М, П, Р – количество перерывов в работах машины;

Kрс – нормативная продолжительность рабочей смены;

Kс – коэффициент сменности работы.

Kс исчисляется, как отношение времени, отрабатываемого машиной за сутки, среднее в течение года к нормативной продолжительности рабочей смены.

Нормативный показатель затрат на все виды ремонта:

$$P = Vc * Нр / T * 100;$$

где Vc – восстановительная стоимость машины;

Нр – норма годовых затрат;

$$Нр = ((P + TO) / Vc) * 100;$$

где (P+TO) – сумма среднегодовых затрат на ремонт и техническое обслуживание, которые включают в себя:

- затраты на приобретение запасных частей и заменяемых агрегатов с учетом всех транспортных расходов;
- стоимость ремонтных материалов с учетом всех транспортных расходов;
- оплату труда ремонтных рабочих; при этом, трудоемкость следует определять в соответствии с нормативными документами.
- затраты по эксплуатации ремонтных баз в части прямых затрат, включая амортизацию и эксплуатацию технологического оборудования;
- накладные расходы, связанные с организацией, осуществлением технического обслуживания и ремонта машин по индивидуальной норме;
- прибыль на основе индивидуальной нормы, по согласованию сторон;

Вс – сумма показателей восстановительной стоимости машин данной модели в среднем за год;

Т – годовой режим работы машины;

При возникновении трудностей определения региональных или отраслевых норм годовых затрат на ремонт.

Нормативный показатель затрат на замену запасных частей определяется по формуле:

$$ЗЧ = ((Цбч + Зд.бч + Зп.бч * (1 + Н + П)) * Кбч) / Тр;$$

где Цбч – цена запасной части. Принимается по рыночной стоимости.

Зд.бч – затраты на доставку с учетом транспортных расходов.

Устанавливается для региона.

Зп.бч – оплата труда ремонтных рабочих.

Кбч – количество частей. Устанавливается по инструкции на эксплуатацию машин.

Н+П – индивидуальные нормы накладных расходов и сметной прибыли в долях от оплаты труда рабочих.

Тр – нормативный ресурс на часть данного вида. Принимается на основе (в порядке применения):

- рекомендаций изготовителя;
- данных, приводимых в нормативной литературе;
- фактических показателей срока службы.

При наличии обобщенных данных по затратам на доставку и по оплате труда ремонтных рабочих может применяться формула:

$$ЗЧ = Цбч * Кд.бч * Кбч / Тр;$$

где Кд.бч – коэффициент, учитывающий затраты на доставку и оплату труда рабочих.

Оплата труда рабочих, управляющих машинами, устанавливаются с учетом и на основе следующих источников:

- методических рекомендаций по определению размера средств на оплату труда в договорных ценах и сметах на строительство и оплате труда;
- инструкции по эксплуатации машины;
- единого тарифно-квалификационного справочника;
- действующих производственных норм;
- рекомендаций заводов и фирм-изготовителей;

При отсутствии необходимых данных в перечисленных документах количество рабочих определяются по фактическим условиям эксплуатации машины.

Нормативный показатель оплаты труда определяется по формуле:

$$З = Зр * t;$$

где Зр – оплата труда рабочего;

t – затраты труда рабочих;

Нормативные затраты на энергоносители по основным видам:

- бензин (кг/руб);
- дизельное топливо (кг/руб);
- электроэнергия (кВт-ч/руб);
- сжатый воздух (м<sup>3</sup>/руб);

Для дизельного топлива:

$$Эд = Нд * Кп * (Цд + Зд.д);$$

где Нд – норма расхода топлива при работе машины при положительной температуре.

Показатель (Нд) устанавливается на основе:

- по паспортным данным;
- нормативам, приводимым в технической литературе;
- по фактическим данным;

Кп – коэффициент, учитывающий затраты на бензин при работе пускового двигателя. При отсутствии (Кп) не учитывается.

Цд – цена топлива;

Зд.д – затраты на доставку топлива до машины, с учетом всех транспортных расходов;

Нормативный показатель затрат на смазочные материалы (Сд) определяется по формуле:

$$Сд = (0,044 * Цмм + 0,004 * Цпс + 0,015 * Цтм) * Нд * Кп;$$

где 0,044; 0,004; 0,015 – коэффициенты, учитывающие расход смазочных материалов;

Цмм, Цпс, Цтм – рыночные цены на масла, пластические смазки и трансмиссионные масла с учетом всех транспортных расходов;

Нд – норма расхода топлива в среднем за год;

Кп – коэффициент, учитывающий затраты на бензин при работе пускового двигателя. При отсутствии (Кп) не учитывается.

Нормативные показатели затрат на гидравлическую жидкость (Г) определяется по формуле:

$$Г = (О * Дг * Кд * Пг * (Цг + Зд.г)) / Т;$$

где О – средневзвешенный показатель вместимости гидравлической системы машины;

Дг – плотность жидкости;

Кд – коэффициент доливок;

Пг – периодичность полной замены жидкости;

Цг – цена жидкости;

Зд.г – затраты на доставку;

Т – годовой режим работы;

Нормативные показатели на перебазировку определяется по следующим схемам:

- своим ходом;
- на буксире;
- на прицепе без монтажа;
- на прицепе с демонтажом и монтажом;

Нормативные показатели на перебазировку (Пт) определяется по формуле:

$$Пт = ((Рт + Рмс + Рпр + Зп) * В) / Тп;$$

где Рт – сметная расценка на эксплуатацию тягача;

Рмс - сметная расценка на эксплуатацию машины сопровождения;

Зп – оплата труда машиниста;

В – время перебазировки;

Тп – время работы на одной площадке;

Применение данного варианта предусматривает использование в перебазировке:

- машины (перебазирваемой);
- тягача;
- прицепа;
- автомобиля сопровождения;

При определении стоимости одного машино-часа эксплуатации строительной техники необходимо учесть все затраты постоянного и эксплуатационного характера.

**Расчет выполняется с использованием следующих данных:**

1. Оптовая цена - 900 000 рублей.
2. Плановое количество часов работы в году - 800 машино-часов.
3. Число работающих - 1 человек.
4. Трудоемкость технического обслуживания и технического ремонта - 1 человеко-часов.
5. Затраты на ремонтные материалы и запасные части – 405,3 рублей.
6. Затраты на сменную оснастку – 9,7 рублей.
7. Норма расхода топлива на машину - 15 кг/час.

В данном случае стоимость одного машино-часа эксплуатации бульдозера Д-355 определяем по следующему выражению:

$$C_{\text{маш}} = A + З + ЗЧ + Э + С + Р;$$

где  $C_{\text{маш}}$  – стоимость одного машино-часа бульдозера Д-355, рублей/машино-час;

$A$  – норматив постоянных эксплуатационных затрат, амортизационные отчисления на полное восстановление машин, рублей/машино-час;

$Z$  – норматив заработной платы рабочих, управляющих строительными машинами, рублей/машино-час;

$ZЧ$  – норматив затрат на запасные части, рублей/машино-час;

$\text{Э}$  – норматив затрат расхода топлива, рублей/машино-час;

$C$  – норматив затрат на смазочные материалы и гидравлические жидкости, рублей/машино-час;

$P$  – норматив затрат на все виды ремонтов машин, их техническое обслуживание и диагностирование, рублей/машино-час.

## 5.2. Норматив постоянных эксплуатационных затрат

Норматив постоянных эксплуатационных затрат, амортизационные отчисления на полное восстановление машин, определяется по формуле:

$$A = \frac{C * H_a * K_n}{T * 100} \quad (4.1.)$$

где  $C$  – оптовая цена бульдозера Д-355,  $C = 900\,000$  рублей;

$H_a$  – годовая норма амортизационных отчислений на полное восстановление по данному виду бульдозера,  $H_a = 11.9\%$ ;

$K_n$  – коэффициент перехода от оптовой цены к инвентарно-расчетной стоимости,  $K_n = 1.45\%$ ;

$T$  – нормативный годовой режим эксплуатации бульдозера Д355,  $T = 800$  часов;

$$A = \frac{900000 * 11.9 * 1.45}{800 * 100} = 194,2 \text{ рублей/машино-час.}$$

### 5.3. Норматив заработной платы рабочих, управляющих бульдозером Д355

Норматив определяется по применяемым в организациях тарифных ставках с учетом доплат, надбавок, премий и других выплат.

Состав звена и тарифный разряд рабочих определяем согласно руководством по эксплуатации машин с учетом единого тарифно-квалификационного справочника работ и профессий рабочих:

$$З = n * Ч_1 * k_{пр} * k_p * k_{ст} * k_{нрз} \quad (4.2.)$$

где  $n$  - число рабочих, работающих на бульдозере Д355,  $n=1$  ;

$Ч_1$  - часовая тарифная ставка машиниста бульдозера Д355,

$$Ч_1 = 89 \text{ рублей};$$

$k_{пр}$  - премиальная надбавка машинисту,  $k_{пр}=50\%$  ;

$k_p$  - коэффициент, учитывающий затраты на ремонтные надбавки к заработной плате машинисту,  $k_p=15\%$  ;

$k_{ст}$  - коэффициент, учитывающий затраты на отчисление в социальное страхование,  $k_{ст}=34,2\%$  ;

$k_{нрз}$  - коэффициент, учитывающий накладные расходы к заработной плате,  $k_{нрз}=26\%$  ;

$$З = 1 * 89 * 1.5 * 1.15 * 1.342 * 1.26 = 259,5 \text{ рублей/час.}$$

### 5.4. Норматив затрат на замену запасных частей

Норматив затрат определяется по формуле:

$$ЗЧ = \frac{Ц_ч}{T_ч} \quad (4.3.)$$

где  $Ц_ч$  - средневзвешенная свободная цена запасных частей или их компонента на машину,  $Ц_ч=5200$  рублей;

$T_ч$  - средневзвешенный ресурс запасных частей или их компонента на бульдозер,  $T_ч=1500$  часов;

$$ЗЧ = \frac{5200}{1500} = 3.5 \text{ рублей/машино-час.}$$

### **5.5. Норматив затрат на энергоносители**

Норматив затрат на энергоносители определяется по формуле:

$$\mathcal{E} = N_{\text{топ}} * C_{\text{топ}} \quad (4.4.)$$

где  $N_{\text{топ}}$  – норма расхода топлива на один бульдозер в один час,  $N_{\text{топ}} = 15$  кг/час;

$C_{\text{топ}}$  – стоимость одного килограмма топлива на момент составления расчета,  $C_{\text{топ}} = 22,2$  руб/кг;

$$\mathcal{E} = 15 * 22,2 = 333 \text{ рубля/машино-час.}$$

### **5.6. Норматив затрат смазочных материалов и гидравлической жидкости**

Затраты на смазочные материалы и гидравлические жидкости определить достаточно сложно в силу таких причин, как использование нескольких видов смазочных материалов и гидравлической жидкости, разная периодичность замены конкретных видов смазочных материалов и гидравлических жидкостей, нестабильность цен на эти материалы. Поэтому для нашего расчета стоимость этих материалов в зависимости от нормы расхода для каждого конкретного механизма берется на момент составления расчета. Отсюда затраты на смазочные материалы и гидравлическую жидкость с учетом утвержденных норм расхода составляет:  $C = 8,5$  рублей/машино-час.

### **5.7. Норматив затрат на все виды ремонтов бульдозера Д355**

Норматив затрат на все виды ремонтов бульдозера Д355, их технического обслуживания и диагностирования определяется по формуле:

$$P = Z_{\text{рем}} + C_2 \quad (4.5.)$$

где  $Z_{\text{рем}}$  – затраты на запасные части и ремонтные материалы, которые определяются в основном материальными затратами на приобретение

запасных частей и материалов и зависят от цен на эту продукцию. Кроме того, эти затраты от таких факторов, как частота поломки механизмов и периодичность выполнения технического обслуживания, подверженности поломке определенных узлов и агрегатов в зависимости от условий эксплуатации и многих других факторов. Учитывая это, прогнозирование данных затрат в условиях нестабильности цен достаточно сложно. Исходя из этого, при выполнении настоящего расчета строительные предприятия могут обратиться в специализированные предприятия по ремонту строительной техники, где по конкретному механизму на основании предъявленных счетов поставщиков за запасные части и материалы выводятся приведенные к одному часу затраты на эти расходы,  $Z_{рем}=120.5$  рублей/машино-час;

$Ч_2$  – затраты на заработную плату персонала, выполнившего ремонт и техническое обслуживание бульдозера Д355, которые определяются аналогично затратам на заработную плату машинистов;

$$Ч_2 = Z_{р.р.} * H_{з.п.} * K_{пр} * K_p * K_{ст} * K_{нрз} \quad (4.6.)$$

где  $Z_{р.р.}$  - среднечасовая заработная плата ремонтных рабочих,  $Z_{р.р.}=62$  рублей/машино-час;

$H_{з.п.}$  - трудоемкость технического обслуживания и технического ремонта,  $H_{з.п.}=1$  человеко-часов;

$K_{пр}$  - коэффициент, учитывающий затраты на премиальную надбавку машинисту бульдозера Д355,  $K_{пр}=50$  %;

$K_{ст}$  - коэффициент, учитывающий затраты на отчисления в социальное страхование,  $K_{ст}=34,2$  %;

$K_{нрз}$  - коэффициент, учитывающий накладные расходы к заработной плате,  $K_{нрз}=26$  %.

$$Ч_2 = 62 * 1 * 1.5 * 1.15 * 1.342 * 1.26 = 180,8 \text{ рублей/машино-час};$$

$$P = 120,5 + 180,8 = 301,3 \text{ рублей/машино-час};$$

Номинальную стоимость одного машино-часа определяем по формуле:

$$C_{\text{маш}}^{\text{н}} = A + Z + 34 + \text{Э} + C + P \quad (4.7.)$$

$$C_{\text{маш}}^{\text{н}} = 194,2 + 259,5 + 3.5 + 333 + 9,7 + 301,3 = 1101 \text{ руб./машино-час};$$

Номинальная стоимость с учетом накладных расходов и плановых накоплений:

$$C_{\text{маш}} = C_{\text{маш}}^{\text{н}} * K_{\text{нр}} * K_{\text{пн}} \quad (4.8.)$$

где  $K_{\text{нр}}$  - коэффициент, учитывающий накладные расходы,

$$K_{\text{нр}} = 17.5 \%;$$

$K_{\text{пн}}$  - коэффициент, учитывающий плановые накопления,  $K_{\text{пн}} = 30 \%$ ;

$$C_{\text{маш}} = 1101 * 1.175 * 1.3 = 1682 \text{ рублей/машино-час};$$

## **6. ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ СТРОИТЕЛЬНЫХ И РЕМОНТНЫХ РАБОТ**

Для области среднего приобья Западно-Сибирской равнины характерны продолжительная суровая зима и короткое жаркое лето. Климат почти на всей территории района расположения резко континентальный, характеризующийся продолжительной и холодной зимой, теплым, но не продолжительным летом, короткой весной и осенью. Наблюдаются резкие колебания температуры в течение года, месяца и даже суток. По данным многолетних наблюдений - среднегодовая температура составляет - 5 град.С. Продолжительность зимнего периода - шесть месяцев, с октября по апрель.

Основные элементы производственного процесса, формирующие опасные и вредные факторы при выполнении ремонтно-строительных работ

*Таблица 10*

Наименование видов работ	Факторы (ГОСТ 12.0.003. – 74 ССБТ с измен. 1999 г.)		Нормативные документы
	Вредные	Опасные	
1	2	3	4
Земляные работы; Погрузочно-разгрузочные работы; Очистные работы; Сварочно-монтажные работы; Работа с герметиком, композитным составом и растворителем; Изоляционные работы.	1.Отклонение показателей микроклимата на открытом воздухе; 2.Превышение уровней шума; 3.Утечка токсичных и вредных веществ в атмосферу; 4.Тяжесть и напряженность физического труда.	1.Электрический ток. 2.Пожаро- и взрывоопасность. 3.Электрическая дуга и металлические искры при сварке.	ГОСТ12.1.010–76 [21] ГОСТ 12.1.011–78 [22] ГОСТ 12.1.019–79 [23] ГОСТ12.1.003–83 [24] ГОСТ12.1.005–88 [25] ГОСТ12.1.004–91 [26]

## **6.1. Анализ вредных производственных факторов и обоснование мероприятий по их устранению**

### **1. Отклонение показателей микроклимата на открытом воздухе.**

Источником формирования данного вредного производственного фактора могут являться плохие метеорологические условия, в результате которых возможно отклонение показателей микроклимата в рабочей зоне. Отклонение показателей микроклимата может привести к ухудшению общего самочувствия рабочего.

В холодный период года допустимая температура воздуха 19,1-22,0<sup>0</sup>С.

В теплый период года допустимая температура воздуха 21,1-27,0<sup>0</sup>С.

Нормирование параметров на открытых площадках не производится, но определяются конкретные мероприятия по снижению неблагоприятного воздействия их на организм рабочего. При отклонение показателей микроклимата на открытом воздухе, рабочие должны быть обеспечены средствами индивидуальной защиты, которые предусмотрены отраслевыми нормами и соответствуют времени года. При определенной температуре воздуха и скорости ветра в холодное время работы приостанавливаются.

*Работы на открытом воздухе приостанавливаются при погодных условиях*

*Таблица 11*

Скорость ветра, м/с	Температура воздуха °С
При безветренной погоде	-40
Не более 5,0	-35
5,1-10,0	-25
10,0-15	-15
15,1-20,0	-5
Более 20,0	0

## **2. Превышение уровней шума.**

Шум – это беспорядочное сочетание звуков различной частоты. Источниками шума при проведение ремонтных работ на магистральном нефтепроводе могут стать установки для дробеструйной обработки полумуфт, а также машины для проведения земляных.

Длительное воздействие шумов отрицательно сказываются на эмоциональном состоянии персонала, а также может привести к снижению слуха.

Согласно ГОСТ 12.1.003 – 83 (1999) эквивалентный уровень шума (звука) не должен превышать 80 дБА.

Для предотвращения негативного воздействия шума на рабочих используются средства коллективной и индивидуальной защиты.

Коллективные средства защиты:

- борьба с шумом в самом источнике;
- борьба с шумом на пути распространения (экранирование рабочей зоны (постановкой перегородок, диафрагм), звукоизоляция).

Средства индивидуальной защиты:

- наушники; ушные вкладыши.

### **3. Утечка токсичных и вредных веществ в атмосферу.**

Источниками утечки токсичных и вредных веществ в атмосферу могут являться нефть, растворитель, герметик и композитный состав.

Растворитель и нефть содержат углеводороды, пары которых очень опасны для здоровья, следует избегать соприкосновения с кожей. Смола, входящая в композитный состав и герметик, а также пары растворителя и нефти токсичны и вызывают раздражение слизистых оболочек, а также головокружение, а в некоторых случаях аллергическую реакцию и образование ожогов на коже.

Предельно – допустимая концентрация паров нефти и газов в рабочей зоне не должна превышать по санитарным нормам  $300 \text{ мг/м}^3$ , при проведении газоопасных работ, при условии защиты органов дыхания, не должно превышать предельно – допустимую взрывобезопасную концентрацию (ПДВК), для паров нефти  $2100 \text{ мг/ м}^3$ .

При работе с композитным составом, герметиком, растворителем и нефтью необходимо пользоваться индивидуальными средствами защиты: специальный костюм по ТУ 17 – 08 – 114 – 80; резиновые перчатки по ГОСТ 20010 – 74; сапогами по ГОСТ 12.4.137 – 84; респиратор РПГ – 67А по ГОСТ 12.4.004.

#### **4. Тяжесть и напряженность физического труда.**

В связи с большой протяженностью и удаленностью нефтепровода от населенных пунктов, работникам длительное время приходится проводить в командировках, что сопровождается тяжелым и напряженным физическим трудом.

Тяжелый и напряженный физический труд может повлиять на общее самочувствие рабочего и привести к развитию различных заболеваний.

У людей, занятых тяжелым и напряженным физическим трудом, должен быть 8-ми часовой рабочий день с обеденным перерывом (13<sup>00</sup> – 14<sup>00</sup>) и периодическими кратковременными перерывами, а также должна быть увеличена заработная плата и продолжительность отпуска.

#### **5. Состояние воздушной среды**

##### **1) Повышенная загазованность воздуха**

Содержание вредных веществ в воздухе рабочей зоны не должно превышать предельно допустимых концентраций. Разрешается работа без противогаза при загазованности воздуха менее 300 мг/м<sup>3</sup>. Содержание вредных веществ в воздухе подлежит систематическому контролю для предупреждения возможности превышения ПДК.

Для дегазации зоны производства работ должны применяться взрывозащищенные переносные вентиляционные установки типа СТАФ 1-02, СТАФ 1-025, СТАФ 1-035, СТАФ 1-040 по ТУ 4861-036-000-270366-96 с электродвигателями во взрывозащищенном исполнении, соответствующим категориям взрывопожароопасной смеси ПА-ТЗ (по ГОСТ 12.01.011-78).

Содержание пыли в воздухе не должно превышать 0,5 мг/м<sup>3</sup>. Не должно быть присутствие в воздухе посторонних газов и запахов (например, от обгорания пыли на горячих элементах техники т.п.).

Для защиты от повышенной запыленности следует одевать средства индивидуальной защиты, предотвращающие попадание пыли в дыхательные органы – дефлекторы.

## 2) Повышенная или пониженная температура воздуха рабочей зоны

Для защиты от неблагоприятного воздействия климатических факторов должны использоваться следующие виды средств индивидуальной защиты: спецодежда, спецобувь, средства защиты рук и головные уборы.

Спецодежда для защиты от низкой температуры, ветра и атмосферных осадков в зависимости от условий труда изготавливается из хлопчатобумажных тканей с водоотталкивающими и другими пропитками из натурального или искусственного меха и синтетических утеплителей.

Существует запрет на работу при ненормальных метеоусловиях:

Жёсткость погоды равна  $t^{\circ}\text{C} + CV$  (измеряется в баллах). Для сибирского региона при жесткости погоды 40 баллов работы прекращаются.

Должно быть предусмотрено место отдыха рабочих.

## **6. Освещенность рабочей зоны**

Рабочее освещение нормируется СНиП 23.05-95 в зависимости от разряда зрительной работы, контраста объекта с фоном и характеристикой фона. Рабочее освещение должно создавать равномерную освещённость, исключать возможность образования резких теней, блескости, обеспечивать правильную цветопередачу, быть экономичным, надёжным и удобным в эксплуатации.

Аварийное освещение предусматривается на случай отключения рабочего для продолжения работ или для эвакуации людей. Освещенность в первом случае должна составлять не менее 2лк, во втором – не менее 0,5лк. Светильники аварийного освещения подсоединяют к независимым источникам питания. Для охранного освещения (не менее 0,5лк) используется часть светильников рабочего освещения.

При устройстве наружного освещения строительных площадок необходимо учитывать размер освещаемой площади, форму и рельеф местности. Если ширина площадки не превышает 150м, то лучше всего применять прожекторы типа ПЗС – 35, GCV – 50 с лампами ДРЛ, в случае ширины площадки до 250 м – прожекторы типа ПКН с ксеноновыми лампами ДКсТ – 10000, ДКсТ – 20000 или прожекторы типа «Никулус» с лампами типа ИСУ.

Параметры, характеризующие фактор:

- коэффициент естественного освещения (КЕО);
- система освещения (при искусственном освещении);

Допустимые нормы: освещенность – 400Лк.

Коллективные средства защиты (КСЗ):

- наличие светильников (взрывозащищенных);
- освещённость должна быть постоянной во времени;
- яркость светильников (отсутствие прямой и отражённой блескости).

Средства индивидуальной защиты (СИЗ):

- использование местного (локального) освещения.

## **6.2. Анализ опасных производственных факторов и обоснование мероприятий по их устранению**

### **1. Электрический ток.**

Источником поражения электрическим током могут являться плохо изолированные токопроводящие части, провода. Известно, что поражение человека электрическим током возможно лишь при замыкании электрической цепи через

тело человека, т.е. при прикосновении человека к сети не менее чем в двух точках.

Опасное воздействие на людей электрического тока проявляется в виде электротравм (ожоги, металлизация кожи, механические повреждения), электрического удара и профессиональных заболеваний.

Степень опасного воздействия на человека электрического тока зависит от:

- рода и величины напряжения и тока;
- частоты электрического тока;
- пути тока через тело человека;
- продолжительности воздействия на организм человека;
- силы тока;
- сопротивления;
- условий внешней среды;
- подготовки персонала.

Для защиты от поражения электрическим током применяют коллективные и индивидуальные средства.

Коллективные средства электрозащиты: изоляция токопроводящих частей (проводов) и ее непрерывный контроль, установка оградительных устройств, предупредительная сигнализация и блокировка, использование знаков безопасности и предупреждающих плакатов, применение малых напряжений, защитное заземление, зануление, защитное отключение.

Индивидуальные средства защиты: диэлектрические перчатки, инструменты с изолированными рукоятками, диэлектрические боты, изолирующие подставки.

## **2. Пожаро– и взрывоопасность.**

Источниками возникновения пожара могут быть устройства электропитания, где в результате различных нарушений образуются перегретые элементы, электрические искры и дуги, способные вызвать загорания горючих материалов, короткие замыкания, перегрузки. Источники взрыва – газовые баллоны, трубопровод под давлением.

Результатам негативного воздействия пожара и взрыва на организм человека являются ожоги различной степени тяжести, повреждения и возможен летальный исход.

Предельно – допустимая концентрация паров нефти и газов в рабочей зоне не должна превышать по санитарным нормам  $300 \text{ мг/м}^3$ , при проведении газоопасных работ, при условии защиты органов дыхания, не должно превышать предельно – допустимую взрывобезопасную концентрацию (ПДВК), для паров нефти  $2100 \text{ мг/ м}^3$ .

К средствам тушения пожара, предназначенных для локализации небольших загораний, относятся пожарные стволы, огнетушители, сухой песок, асбестовые одеяла, вода и т. п. Для предотвращения взрыва необходимо осуществлять постоянный контроль давления по манометрам в трубопроводе.

## **3. Механические травмы**

### Применение грузоподъемных механизмов

Все работы производятся при наличии у рабочих защитных касок. Погрузочно – разгрузочные работы выполняют лица, прошедшие специальное производственное обучение и имеющие соответствующие документы подтверждающие их квалификацию. При работе нужно быть внимательным и осторожным. Площадки для погрузочно – разгрузочных

работ должны быть спланированы и иметь уклон не более 5 градусов. Перед погрузкой труб на плетевоз для удержания прицепа – роспуска на месте, под его колеса следует подкладывать противооткатные упоры.

Запрещается выполнение работ при скорости ветра 15 м/с и более, при гололеде, грозе и тумане, исключающих видимость в пределах фронта работ.

#### **4. Взрыв**

Взрыв – чрезвычайно быстрое химическое (взрывчатое) превращение, сопровождающееся выделением энергии и образованием сжатых газов, способных производить механическую работу.

##### **1) Физический взрыв**

При строительстве магистральных трубопроводов физический взрыв может возникать при эксплуатации газовых баллонов (требующихся при газовой сварке). В результате резкого повышения давления баллоны взрываются. Основное требование это герметичность баллонов.

##### **Меры безопасности:**

- газовые баллоны необходимо хранить в вертикальном положении и проветриваемом помещении под навесами. Их следует защищать от воздействия прямых солнечных лучей и осадков. Баллоны не должны храниться на расстоянии менее 1 м от радиаторов отопления и ближе 5 м от открытого огня;
- нельзя переносить баллоны на плечах или руками в обхват;
- эксплуатировать можно только исправные баллоны. Их надо устанавливать вертикально на месте проведения работ и надежно закреплять для предохранения от падения. Установленный баллон должен быть надежно защищен от воздействия открытого огня, теплового излучения и прямых солнечных лучей.

##### **Меры контроля:**

- внешний осмотр сосудов;

- неразрушающие методы контроля (люминесцентные, ультразвуковые, рентгеновские методы);
- гидравлические испытания сосудов;
- механические испытания материалов из которых изготовлены сосуды.

## 2) Химический взрыв

При строительстве магистрального трубопровода возникает опасность химического взрыва. Для предотвращения химического взрыва состояние воздушной среды следует контролировать систематически.

Для дегазации зоны производства работ должны применяться взрывозащищенные переносные вентиляционные установки типа СТАФ 1-02, СТАФ 1-025, СТАФ 1-035, СТАФ 1-040 по ТУ 4861-036-000-270366-96 с электродвигателями во взрывозащищенном исполнении, соответствующим категориям взрывопожароопасной смеси ПА-ТЗ (по ГОСТ 12.01.011-78).

## 5. Проектирование и расчёт прожекторного освещения

Расчёт прожекторного освещения:

Количество прожекторов

$$N = m \cdot E_p \cdot S / P_{л} = 0,13 \cdot 5 \cdot 7200 / 1000 = \underline{5 \text{ шт.}}$$

$$m = 0,13 \text{ лк для прожекторов ПЗС с лампами ДРЛ (при } S = 75-250 \text{ м)}$$

$$S = 60 \cdot 120 = 7200 \text{ м}^2$$

$$P_{л} = 1000 \text{ Вт ( } I_{\theta} = 130000 \text{ св, ДРЛ, угол рассеивания: } Q_{гп} = 26, Q_{вп} = 24 \text{ для ПЗС45)}$$

$$E_p = K \cdot E_n = 1,5 \cdot 3 = 4,5 = 5 \text{ лк (пункт 2.1, стр.119 СНиПа 3-4.80)}$$

Расчёт высоты мачт:

Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док	Подп.	Дата

*Производственная безопасность*

ПЗС45:  $e = E_n \cdot k / 2 = 3 \cdot 1,5 / 2 = 2,25$  лк = 2,3 лк ;  $Q_{вп} = 21$

Примем высоту мачты равной 24 м, тогда  $eh^2 = 2,3 \cdot 24^2 = 1324,8$  лм = 1325 лм

Размеры Освещаемой Площадки (м)	Нормируемая Величина Освещённости (лк)	Устанавли ваемый прожектор	Количес тво Прожекто ров (шт)	Высота прож. мачт, м	Рекомендуемо е расстояние между мачтами, (м)		
Тип	Тип и мощность лампы, Вт	Сила света, кДж	Расчётная	Допусти мая			
60 * 120	3	Пзс-45	Г220-1000 1000 Вт	130 ккд	26 м	20 м	70 м

## 7. ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

### 7.1. Охрана окружающей среды при производстве

#### строительно-монтажных работ

Все мероприятия по охране окружающей среды при строительстве выполнены в соответствии с разделом 13 СНиП III-42-80\* и рабочим проектом.

При выполнении всех строительно-монтажных работ необходимо строго соблюдать требования защиты окружающей природной среды, сохранения ее устойчивого экологического равновесия, и не нарушать условия землепользования, установленные законодательством об охране природы.

Строительная организация, выполняющая строительно-монтажные работы, несет ответственность за соблюдением проектных решений, связанных с охраной окружающей природной среды, а также за соблюдение государственного законодательства по охране природы.

Временные автомобильные дороги и проезды должны устраиваться с учетом требований по предотвращению повреждения плодородного слоя и древесно-кустарниковой растительности.

Потери растительного слоя при прокладке временных дорог должны быть минимальными. Низкие кустарники вдоль полосы отвода не рекомендуется вырубать. Они сохраняют устойчивость почвы и служат в качестве осадочного фильтра вдоль водоемов.

Простейшим методом расчистки трассы в редких лесах является прижимание растительности к поверхности будущей дороги.

Для сохранения и рационального использования растительного мира предусмотрены следующие мероприятия:

Хозяйственные и фекальные сточные воды, а также твердые отходы с промплощадки должны собираться в водонепроницаемые погреба (котлованы) и захорониваться в специальных местах, согласованных с органами санитарно-эпидемиологического надзора.

После окончания строительно-монтажных работ должна быть проведена рекультивация нарушенных строительством территорий.

По окончании проведения рекультивации на участке построенного трубопровода оформляется справка согласно ВСН 012-88 часть 2 в присутствии ответственного представителя землепользователя.

При планировке полосы отвода на участках с древесной растительностью корчевку деревьев и кустарников следует производить только на полосе будущей траншеи.

При расчистке строительной полосы необходимо обеспечить рациональное использование древесины и порубочных остатков, разработать в каждом конкретном случае соответствующие мероприятия. Захоронение

порубочных остатков следует производить в исключительных случаях в местах с низким уровнем грунтовых вод, за пределами водоохраных зон, на расстоянии не менее 500 м от водотоков, для исключения попадания в них целлюлозы.

Деловая древесина и отходы расчистки, включая выкорчеванные пни, должны быть полностью вывезены в установленные места до начала земляных работ. Оставление отходов очистки на границе полосы отвода не допускается.

При невозможности использования порубочных остатков и неделовой древесины по согласованию с органами лесного надзора допускается их ликвидация путем захоронения или сжигания в специально отведенных местах.

Сжигание порубочных остатков и неделовой древесины может осуществляться только с разрешения органов лесной охраны в специально отведенных местах. При этом должно быть установлено постоянное дежурство до полного затухания огня.

В течение пожароопасного сезона сжигание мусора разрешается производить только при I и II классах пожарной опасности в лесу по условиям погоды под наблюдением специально подготовленных лиц.

Временные площадки для стоянки строительной техники, временных зданий и сооружений располагаются за пределами охранной зоны газопровода не менее чем на 250 м. Площадку для стоянки строительной техники, в качестве профилактического мероприятия предусматривается обваловать грунтом для предотвращения случайного растекания нефтепродуктов. Обвалование производится на стадии подготовки строительства. На площадке стоянки устраивается водоотвод с гидроизолирующим ложем из уплотненной глины с уклоном 4% в сторону бетонного приямка, собирающего ливневые стоки. Вывоз производственно-дождевых стоков из отстойника производится в локальные

очистные сооружения.

Заправка машин и механизмов (кроме автосамосвалов, плетевозов и бортовых машин) предусмотрена из автоцистерн на временной площадке для стоянки строительной техники.

Земельные участки после окончания строительства приводят в пригодное

состояние в ходе работ, а при невозможности этого не позднее, чем в течении года после завершения работ.

## **7.2. Безопасность в чрезвычайных ситуациях**

Чрезвычайные ситуации на трубопроводном транспорте могут возникнуть по различным причинам, например:

- паводковые наводнения;
- лесные пожары;
- террористические акты;
- по причинам техногенного характера (аварии) и др.

Аварии могут привести к чрезвычайным ситуациям.

Возможными причинами аварий могут быть:

- ошибочные действия персонала при производстве работ;
- отказ приборов контроля и сигнализации;
- отказ электрооборудования и исчезновение электроэнергии;
- производство ремонтных работ без соблюдения необходимых организационно-технических мероприятий;
- старение оборудования (моральный или физический износ);
- коррозия оборудования;
- гидравлический удар;
- факторы внешнего воздействия (ураганы, удары молнией и др.).

Одними из примеров чрезвычайных ситуаций могут быть пожары или взрывы при проведении работ в газоопасных местах при капитальном

ремонте магистрального газопровода. Данные пожары и взрывы относятся к чрезвычайным ситуациям техногенного характера.

При взрыве газозвушной смеси выделяют зону детонационной волны с радиусом ( $R_1$ ), где происходит полное разрушение, и зону ударной волны, в которой происходят те или иные разрушения.

Радиус зоны детонационной волны определяется по формуле:

$$R_1 = 18,5 \cdot \sqrt[3]{Q}, м \quad (10.54)$$

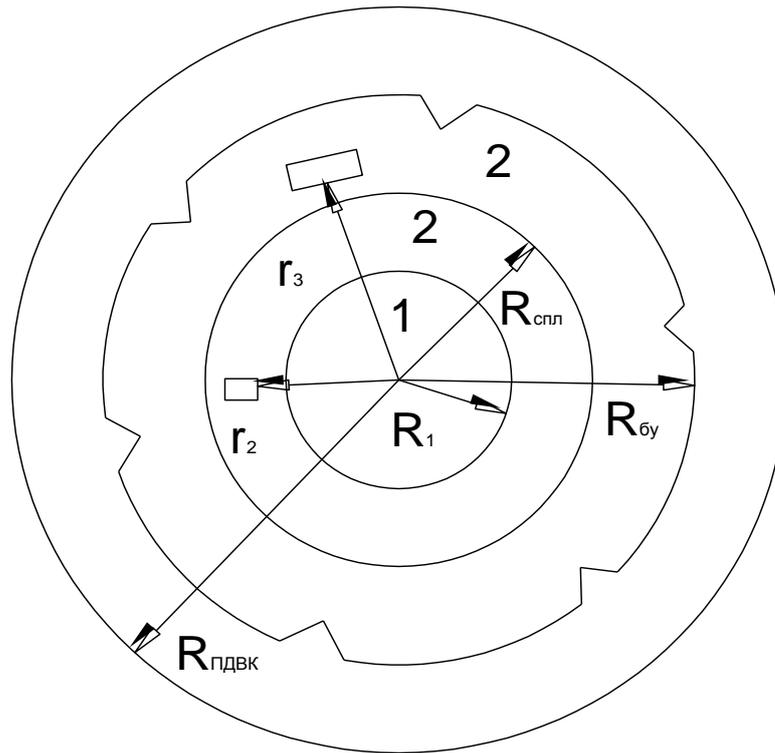
где  $Q$  – количество газа, пара в тоннах.

Радиус зоны смертельного поражения людей определяется по формуле:

$$R_{СПЛ} = 30 \cdot \sqrt[3]{Q}, м \quad (10.55)$$

С целью предотвращения чрезвычайных ситуаций, связанных с возникновением взрывов или пожаров необходимо применить следующие меры безопасности:

- перед началом работ в ремонтном котловане переносным газоанализатором проверяется уровень загазованности воздушной среды, при этом содержание паров нефти и газов не должно превышать предельно – допустимой концентрации по санитарным нормам;
- работа разрешается только после устранения опасных условий, в процессе работы следует периодически контролировать загазованность, а в случае необходимости обеспечить принудительную вентиляцию;
- для обеспечения пожаро- и взрывобезопасности работники должны быть оснащены спецодеждой, спецобувью и другие средства индивидуальной защиты (очки, перчатки, каски и т.д.), которые предусмотрены типовыми и отраслевыми нормами.



**Рисунок 21. Зона воздействия при взрыве паровоздушной смеси**

- 1 – Зона детонационной волны;
- 2 – Зона ударной волны;
- $R_1$  – радиус зоны детонационной волны (м);
- $R_{\text{спл}}$  – радиус зоны смертельного поражения людей;
- $R_{\text{бу}}$  – радиус безопасного удаления,  $\Delta P_{\text{ф}} = 5$  (кПа);
- $R_{\text{пдвк}}$  – радиус предельно допустимой взрывобезопасной концентрации;
- $r_2$  и  $r_3$  – расстояния от центра взрыва до элемента предприятия в зоне ударной волны.

## Заключение

В данной ВКР рассмотрены конструкции дорожного полотна (переходы через малые водотоки, лежневые дороги на участках с грунтом низкой несущей способности, конструкции сборно-разборных дорожных полотен (СРДП-1, СРРП-2, СРНП-1, СРНП-3, ПСРП-1), снежно-ледяные полотна и земляные покровы на вечной мерзлоте) для строительства и ремонта магистральных трубопроводов. Освещены методы и способы прокладки временных дорог в условиях водонасыщенных грунтов и заболоченной местности. А также отмечены технологии и организации строительных и ремонтных работ. Проанализирована необходимость временных покрытий при проведении аварийных, ремонтно-восстановительных работ. Произведен расчет проходимости различной техники и транспортных средств в зимние время. Так же разобраны мероприятия по безопасному проведению работ, их экологичности и промышленной безопасности.

По итогам данной ВКР следует отметить, что конструкции дорожного полотна для подъезда техники в труднодоступных местах имеют широкое применение в нефтегазовой области, но фактически не развиваются, требуют новых конструктивных и технических решений. Особо стоит отметить актуальность внедрения новых разработок при ликвидации аварий, сопровождающихся потерями нефти и нефтепродуктов, выбросами газов, опасных для жизни и окружающей среды, т.к. ускоренная прокладка дороги к нему повышает эффективность проведения работ и сокращает сроки простоя трубопровода.

## Список литературы

1. ВСН 2-105-78 «Инструкции по строительству временных дорог для трубопроводного строительства в сложных условиях (на обводненной и заболоченной местности).
2. ВСН 26-90 «Инструкция по проектированию и строительству автомобильных дорог нефтяных и газовых промыслов Западной Сибири».
3. Гумеров А.Г., Азметов Х.А., Гумеров Р.С., Векштейн М.Г. «Аварийно-восстановительный ремонт магистральных нефтепроводов».
4. ВСН 51-1-97 «Производства работ при капитальном ремонте газопровода».
5. РД 153-39.4-114-01 «Правила ликвидации аварий и повреждений на магистральных нефтепроводах»
6. Бородавкин П.П. «Подземные трубопроводы» М., «Недра», 1973, с. 304.
7. Правила технической эксплуатации магистральных газопроводов. ВРД 39-1.10 006 2000
8. Правила техники безопасности при строительстве магистральных стальных трубопроводов
9. Фондовые материалы «ТомскНИПИнефть»
10. РСН 68-87 «Проектирование объектов промышленного и гражданского назначения Западно-Сибирского нефтегазового комплекса»
11. СНиП 2.05.06.85\* "Магистральные трубопроводы. Нормы проектирования"

12. СНиП 3.01.01-85\* "Организация строительства"
13. СНиП Ш-42-80 "Правила производства и приемки работ. Магистральные трубопроводы"
14. СНиП 3.06.03-85 «Автомобильные дороги»"
15. ВСН 179-85 «Инструкция по рекультивации земель при строительстве трубопроводов»..
16. ОДН 218-046-01 «Проектирование нежестких дорожных одежд».
17. РД 153-112-014-97 «Инструкция по ликвидации аварий и повреждений на магистральных нефтепродуктопроводах».
18. СНиП Ш-4-80\* Техника безопасности в строительстве"
19. Инструкция по производству строительных работ в охранных зонах магистральных трубопроводов Мингазпрома. ВСН 51-1-80.
20. ГОСТ12.1.010–76 ССБТ. Взрывобезопасность. Общие требования.
21. ГОСТ 12.1.011–78 ССБТ. Смеси взрывоопасные. Классификации и методы испытаний.
22. ГОСТ 12.1.019–79 (с изм. №1) ССБТ. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты.
23. ГОСТ12.1.003–83 (1999) ССБТ. Шум. Общие требования безопасности.
24. ГОСТ12.1.005–88 (с изм. №1 от 2000г.). ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны (01.01.89).
25. ГОСТ12.1.004–91 ССБТ. Пожарная безопасность. Общие требования (01.07.92).
26. Бородавкин П.П., Таран В.Д. «Трубопроводы в сложных условиях» 1986,с.386
27. Васильев Г.Г., Горяинов Ю.А., Сенцов С.И. «Толковый словарь терминов и понятий, применяемые в трубопроводном строительстве»
28. Правила безопасности в газовом хозяйстве.

29. Бармин В.И. «Технологическое проектирование строительства магистральных трубопроводов», 1992, с. 288
30. Брылов С.А., Грабчак Л.Г., Чистяков О.Б. «Транспорт при геологоразведочных работах». Издание 2, 1979, с. 208
31. Иванов В.А. и др. «Справочник мастера строительного-монтажных работ», 2007, с. 832
32. Методические рекомендации по устройству и содержанию зимних автомобильных дорог на снеговом и ледяном покрове в условиях строительства Байкало-Амурской магистрали. Разработан Технологический филиал концерна "Росэнергоатом", утвержден 1.01.1975, с. 49