МИНИСТЕРСТВО ТРАНСПОРТНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ВСЕСОЮЗНЫЙ ДОРОЖНЫЙ
НАУЧНО - ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
(СОЮЗДОРНИИ)

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ И ВОЗВЕДЕНИЮ ПРОТИВОНАЛЕДНЫХ УСТРОЙСТВ НА АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГАХ СИБИРИ

Москва — 1971

gost.e-ecolog.ru

Министерство транспортного строительства СССР

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ВСЕСОЮЗНЫЙ ДОРОЖНЫЙ
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ

(СОЮЗДОРНИИ)

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ И ВОЗВЕДЕНИЮ ПРОТИВОНАЛЕДНЫХ УСТРОЙСТВ НА АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГАХ СИБИРИ

Москва-1971

УДК 625.768.6:624.143.3

Предисловие

"Методические рекомендации по проектированию и возведению противоналедных устройств на автомобильных дорогах Сибири" разработаны Омским филиалом Союздорнии на основе полевых исследований и обобщения производственного опыта. При их составлении использованы материалы исследований Союздорнии, СибЦНИИСа, Томгипротранса, Института географии Сибири и Дальнего Востока СО АН СССР, Института мерзлотоведения СО АН СССР, НИИЖТа, ХабИИЖТа, Иркутский филиал Гипродорнии и Гипротранскарьера (г.Новосибирск). В "Методических рекомендациях" предусматривается главным образом применение устройств, исключающих или ослабляющих активизацию природных и возникновение новых наледей, вызванных строительством дорожных сооружений.

"Методические рекомендации" подготовили канд.техн. наук Н.Ф.Савко (руководитель) и инж.А.П.Казаков (Омский филиал Союздорнии) при участии канд.геол.-минерал.наук С.М.Большакова (СибЦНИИС); канд.геогр. наук В.Р.Алексеева (Институт географии Сибири и Дальнего Востока СО АН СССР), инженеров Н.М.Тупицина, Н.К.Ланецкого, Б.П.Шарапова и Г.Б.Линевич (Омский филиал Союздорнии), С.Д.Невского (ВОЛАТТ). Работа выполнена по заказу Министерства строительства и эксплуатации автомобильных дорог РСФСР.

Замечания и предложения по настоящей работе просьба направлять по адресу: Московская обл., Балашиха-6, Союздорнии, или Омск-80, проспект Мира, 3, Омский филиал Союздорнии.

ЗАМЕСТИТЕЛЬ ДИРЕКТОРА СОЮЗДОРНИИ
кандидат технических наук Ю.Л.Мотылев

Конструкции и методы проектирования противоналедных устройств

1. Постоянные и временные противоналедные устройства следует предусматривать на участках действующих наледей и в местах возможного их появления в период строительства, если наледи будут создавать непосредственную угрозу движению транспорта или опасность нарушения прочности и устойчивости земляного полотна и искусственных сооружений.

2. Направления противоналедной борьбы на автомобильных дорогах принимают с учетом генетического типа наледи, рельефа и инженерно-геологических условий в пределах наледного участка, категории дороги и увязывают с комплексом проектных решений по конструкциям земляного полотна и водопропускных сооружений (табл.1).

Таблица 1

Категория автомобильной дороги	Тип наледи	Основные направления противоналедной борьбы
I-III	Наледи поверхностных вод	Обход наледного участка. Увеличение отверстия водопропускного сооружения, в том числе применение свайно-эстакадных мостов для свободного пропуска наледи. Регуляция русел. Устройство лотков, сосредоточивающих поток (в бетонном исполнении), и двухъярусных труб. Применение мостов вместо труб
	Наледи грунтовых вод	Увеличение высоты насыпей земляного полотна и отсыпка их из дренирующих грунтов. Отвод грун-

Продолжение табл.1

Категория автомобильной дороги	Тип наледи	Основные направления противоналедной борьбы
		товой воды открытыми и закрытыми канавами и лотками. Задерживание наледей небольших объемов грунтовыми мерзлотными поясами
1-III	Наледи подземных вод	Обход наледного участка. Увеличение отверстия водопропускного сооружения, в том числе применение свайно-эстакадных мостов для свободного пропуска наледи. Создание оптимального теплового режима и сосредоточение потока в специальных утепленных лотках (в бетонном исполнении). Применение мостов вместо труб
	Наледи смешанных вод	Применение комплекса перечисленных мероприятий
1У-У	Наледи поверхностных вод	Создание оптимального теплового режима водотока в пределах сооружения и на прилегающих участках (утепление русел) с устройством сосредоточивающих поток деревянных лотков. Применение запруд. Закрытие отверстий труб щитами и утепление тела труб или оголовков. Применение мерзлотных или тепловых поясов (для труб) с использованием автоматически действующих вентиляционных установок. Удержание наледи перед сооружением мерзлотными и наледными поясами, а также комбинированными устройствами
	Наледи грунтовых вод	Отвод грунтовой воды полузакрытыми канавами. Отвод наледной воды тепловыми поясами.

Продолжение табл.1

Категория автомобильной дороги	Тип наледи	Основные направления противоналедной борьбы
		Тепловая мелиорация наледных участков путем задержания снега на них. Задержание наледи в удалении от земляного полотна экранами, грунтовыми мерзлотными поясами, комбинированными устройствами. Закрытие отверстий водопропускных труб утепленными щитами. Сколка наледного льда
	Наледи подземных вод	Создание оптимального теплового режима водотока и устройство утепленных лотков для отвода наледной воды. Задержание наледи наледными поясами и комбинированными устройствами
	Наледи смешанных вод	Применение комплекса перечисленных мероприятий
Автозимники: сухопутные	Наледи поверхностных вод	Перенос ледяной переправы за пределы действия наледи. Устройство мерзлотных поясов путем отрыва канав во льду. Задержание наледи снежными и ледяными валами. Укладка деревянного настила на переправе
	Наледи грунтовых, подземных и смешанных вод	Перенос трассы автозимника за пределы действия наледи. Устройство снежных насыпей. Отвод наледной воды тепловыми поясами. Задержание наледи снежными валами и щитами
ледовые	Наледи поверхностных вод	Устройство на ледяном покрове снежных насыпей или намораживание льда. Задержание наледей небольшого объема снежными валами и пропуск наледной воды в утепленные проруби

Примечание. На постоянных автомобильных дорогах, кроме постоянных противоналедных мероприятий и устройств, приведенных в табл.1, применяют временные согласно п.10.

3. При выборе противоналедных мероприятий и устройств предпочтение следует отдавать тем из них, которые исключают активизацию природных наледей и возникновение новых, обусловленных постройкой дорожных сооружений.

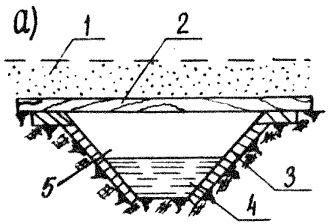
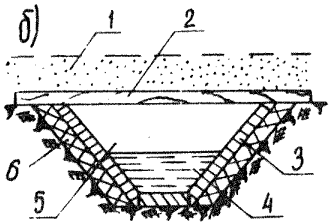
4. В случае невозможности использования таких мероприятий и устройств необходимо предусматривать применение средств, обеспечивающих защиту дорожных сооружений от непосредственного воздействия наледей. С этой целью рекомендуются: устройства для свободного пропуска наледей - мосты с увеличенными отверстиями, в том числе свайно-эстакадные; мероприятия и устройства безналедного пропуска водотоков - регуляция русел, водоотводные канавы и лотки, тепловые пояса, тепловая мелиорация наледных участков, утепление русла водотока под мостом и в пределах его, подпруживание водотока, накрытие труб щитами и утепление оголовков. Такие противоналедные мероприятия и устройства рекомендуется применять во всех случаях, где это возможно по инженерно-геологическим условиям наледных участков и ледотермическому режиму водотоков.

5. Предпочтение устройствам для свободного пропуска наледей следует отдавать в местах развития больших природных наледей поверхностных, подземных и смешанных вод, когда уничтожить причины возникновения наледи или задержать наледи в стороне от дороги практически невозможно или нецелесообразно.

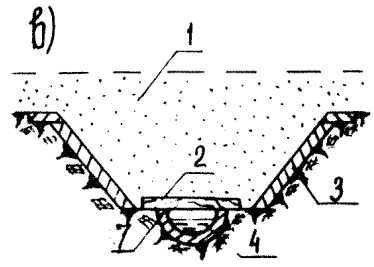
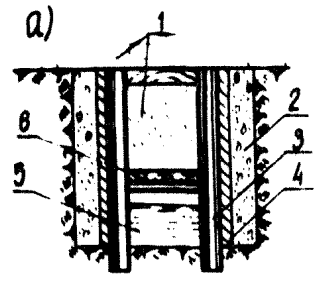
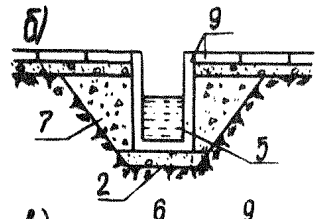
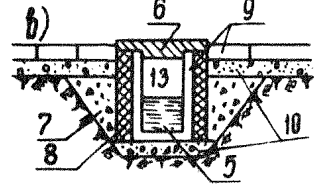
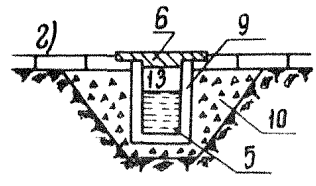
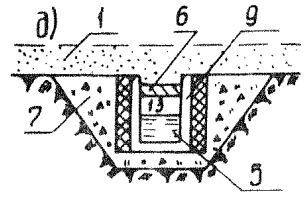
6. Конструкции устройств для безналедного пропуска водотоков назначают по табл.2. Расчет устройств выполняют в соответствии с приложением 1 по данным инженерно-геологических изысканий и изучения ледотермического режима потока.

7. Регуляция основного водотока состоит из выравнивания русла с доведением его до одинаковой глубины (углубление перекатов), исправления резких уширений русла и других работ по улучшению его гидравлических

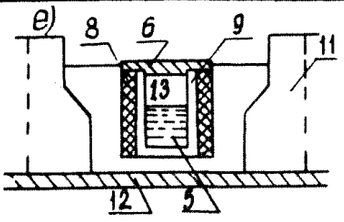
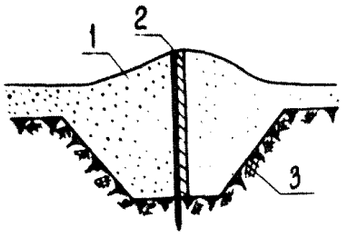
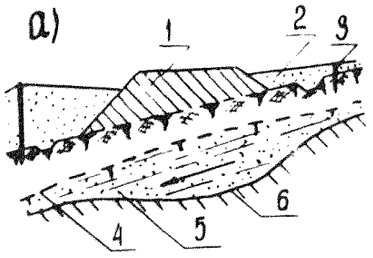
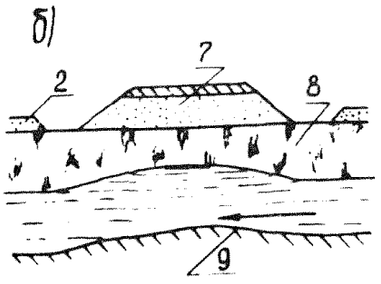
Таблица 2

Наименование устройства и условные обозначения	Принципиальная конструкция (схема)	Условия применения
Водоотводные канавы 1- снег; 2- щиты из досок; 3- укрепление откосов (а,в-дерновка; б-мощение камнем или плитой); 4- водоток; 5- воздушная прослойка; 6- теплоизоляция из мха, опилок или торфа; 7- урезанная асбоцементная труба	а)  б)  	а) Для отвода неглубоко залегающих грунтовых вод ограниченного периода действия при малых скоростях потока б) Для отвода неглубоко залегающих грунтовых вод значительного периода действия при больших скоростях потока

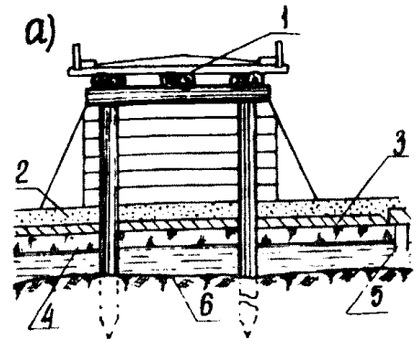
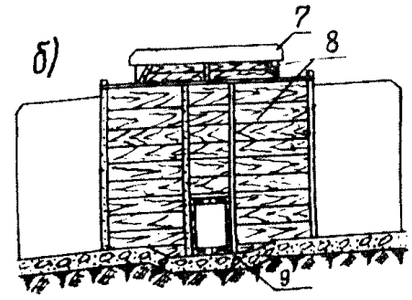
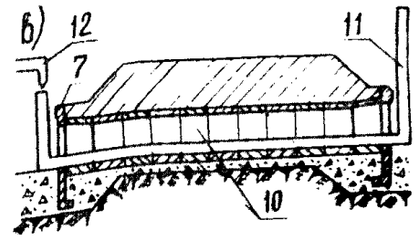
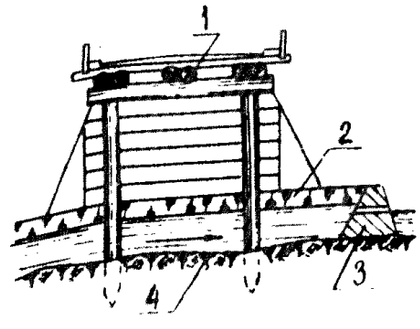
Продолжение табл. 2

Наименование устройства и условные обозначения	Принципиальная конструкция (схема)	Условия применения
		в) Для отвода глубокозалегающих грунтовых вод
Водоотводные лотки 1- снег; 2- гравийно-песчаная смесь; 3- деревянный или бетонный каркас		а) Для перехвата и отвода грунтовых и подземных вод на значительное расстояние
4- обшивка деревом или бетонными плитами; 5- наледный поток; 6- крышка; 7- местный грунт; 8- утеплитель; 9- деревянный или бетонный лоток; 10- шлаковая засыпка; 11- блок трубы; 12- фундамент трубы; 13- воздушная прослойка	  	б,в,г) Для применения под мостами и в пределах укрепления подводящих и отводящих русел
		д) Для применения на подходах к укреплению

Продолжение табл. 2

Наименование устройства и условные обозначения	Принципиальная конструкция (схема)	Условия применения
		е) Для применения в прямоугольных трубах
Тепловые пояса 1-снежный вал; 2-деревянный щит; 3-траншея пояса		Для безналедного отвода неглубоко залегающих грунтовых вод (преимущественно на косогорах) в районах со значительным снеговым покровом
Тепловая мелиорация наледных участков 1-земляное полотно автомобильной дороги; 2-снежные отложения; 3-щитовая линия; 4-граница сезонного промерзания при наличии снежных отложений; 5-поток грунтовых вод; 6-поверхность вечномерзлого грунта; 7-снежно-ледяная насыпь автомобильной дороги; 8-ледяной покров реки; 9-дно реки на перекате	а)  б) 	а) Осуществляется у высоких насыпей при наличии определенных снего-ветровых условий для ускорения стока подземной воды и осушения грунта в пределах наледного участка б) Осуществляется на наледных участках дорог, проложенных по ледяному покрову рек (ледовые автозимники)

Продолжение табл. 2

Наименование устройства и условные обозначения	Принципиальная конструкция (схема)	Условия применения
Утепление русел в пределах мостов и труб 1-мост; 2-снеговой покров; 3-слой теплоизоляции из быстротвердеющей пены или местного теплоизолятора (мох, опилки, стружка); 4-ледяной покров; 5-утепленная прорубь; 6-дно реки; 7-оголовок трубы; 8-деревянный щит; 9-утепленный лоток; 10-тело трубы; 11-автоматически действующая вентиляционная установка из металлических труб; 12-капельное устройство для подачи и сжигания горючей смеси (керосина, дизельного топлива, мазута и т.д.)	а)  б)  в)  	а) Рекомендуется применять для свободного пропуска наледных вод небольшого объема быстрых водотоков под низкими мостами со сплошными настилами и при наличии вблизи моста перекатов б) Осуществляется у труб под высокими насыпями преимущественно в районах островной вечной мерзлоты и сезоннопромерзающих грунтов в) Осуществляется у труб под низкими насыпями
Подпруживание водотока 1-мост; 2-ледяной покров; 3-водонепроницаемая перемычка с лотком; 4-дно реки	 	Рекомендуется применять на малых и средних водотоках с ясно выраженным руслом реки в высоких берегах при устройстве насыпи из дренирующих грунтов и отсутствии в основании насыпи льдонасыщенных грунтов. Имеется возможность использования плотины и водохранилища в других целях

показателей. При этом может возникнуть необходимость в устройстве постоянных дамб, плотин и направляющих валов. Русла в долинах выравнивают на длину 1,0–1,5 км от искусственного сооружения вверх по водотоку и на длину 0,3–0,5 км в низовую сторону.

8. Для ограждения земляного полотна, водопропускных и других дорожных сооружений от вредного воздействия наледей используют : мерзлотные грунтовые пояса (приложение 2), наледные пояса (приложение 3), мерзлотные пояса с использованием вентиляционно-морозильной установки с естественной вентиляцией воздуха, экраны, комбинированные устройства, состоящие из нескольких простых наледезадерживающих устройств (экрана и наледного пояса, наледного и мерзлотного пояса, наледного пояса и забора из щитов и т,д.) , фильтрующие насыпи, уширение выемок.

9. Наледные пояса (рис.1) целесообразно применять для задержания наледей поверхностных и ключевых вод небольшого дебита.

Наледный пояс состоит из двух участков подготовленного (расчищенного, спланированного и мощеного камнем) русла. Возможно раздельное (рис.1,а) и совместное (друг за другом, рис.1,б) расположение участков. На первом участке происходит распластывание потока тонким слоем и его охлаждение до 0°С, на втором – замерзание воды и формирование наледи.

При близком расположении источника наледи от ограждаемого объекта и наличии широкой долины в конце второго участка рекомендуется устраивать облегченный забор (см.рис.1,а) из бревен или щитов, задерживающих наледную воду и способствующих растеканию наледного потока по большой площади (поперек долины), что создает условия для более интенсивного замерзания потока . Размеры пояса следует назначать на основе результатов теплотехнических расчетов (см.приложение 3).

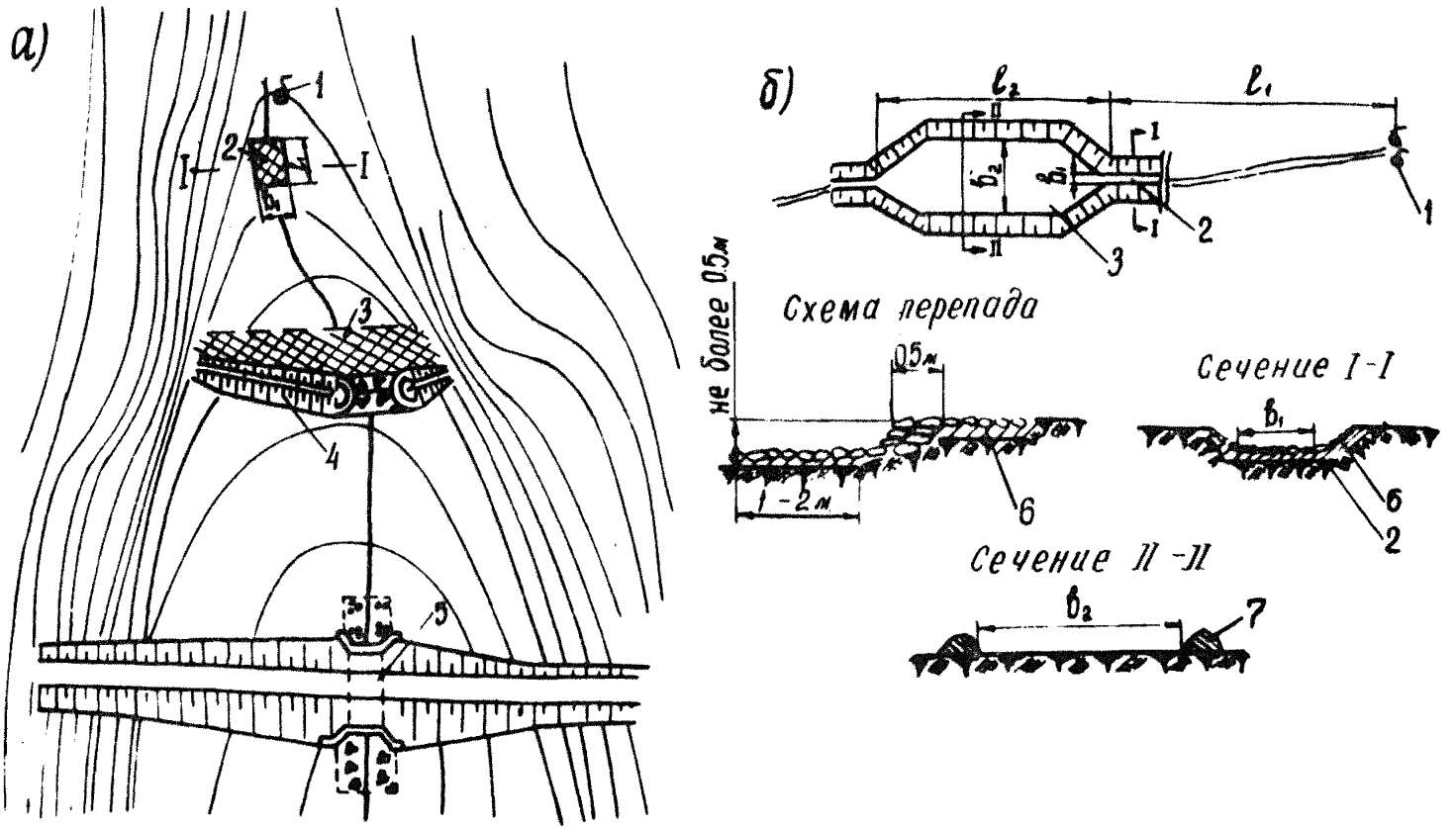


Рис.1. Схемы наледных поясов:

а–при раздельном расположении участков охлаждения потока и его замерзания; б– при совместном (друг за другом) расположении участков; 1–выход наледного источника; 2–площадка с каменным мощением для охлаждения наледного потока; 3–расчищенная и спланированная площадка для растекания потока и формирования наледи; 4–облегченный деревянный забор с проемом или земляной вал; 5–искусственное сооружение; 6–каменное мощение; 7–валики из торфа и грунта

10. Постоянные и временные мерзлотные пояса, заборы, земляные валы, водонепроницаемые экраны с валами, уширение выемок устраивают в соответствии с "Методическими указаниями по проектированию противоналедных мероприятий и устройств" (М., ЦНИИС, Томгипротранс, 1970) и "Техническими указаниями по изысканию, проектированию и строительству автомобильных дорог в районах вечной мерзлоты" ВСН 84-62 (Минтрансстрой, М., 1963).

11. Для задержания наледи в удалении от ограждаемого сооружения, когда затруднительно (косогоры, борта долин, крутые склоны и т.д.) и экономически нецелесообразно проектировать устройства, предусмотренные в пп.9 и 10, а также когда температура воздуха в зимний период не ниже -55°, следует устраивать самонастраивающиеся автоматически действующие охлаждающие установки системы С.И.Гапеева как однотрубные (рис.2,а), так и двухтрубные (рис.2,б). Однотрубная охлаждающая установка состоит из заполненной керосином металлической трубы диаметром 10-20 см с днищем и закрывающейся крышкой. Двухтрубная установка состоит из металлических труб разных диаметров (обычно 8,6 и 13,6 см), соединенных в замкнутую систему, в которой циркулирует керосин. Размеры расширителя устанавливают расчетом[x)].

Размещают охлаждающие установки на наледном участке по схеме, приведенной на рис.2,в,г.

Строительство, ремонт и содержание противоналедных устройств

12. Работы по устройству противоналедных сооружений выполняют в процессе строительства автомобильной

[x)] Гапеев С.И. Укрепление мерзлых оснований охлаждением. Л., Стройиздат, 1969.

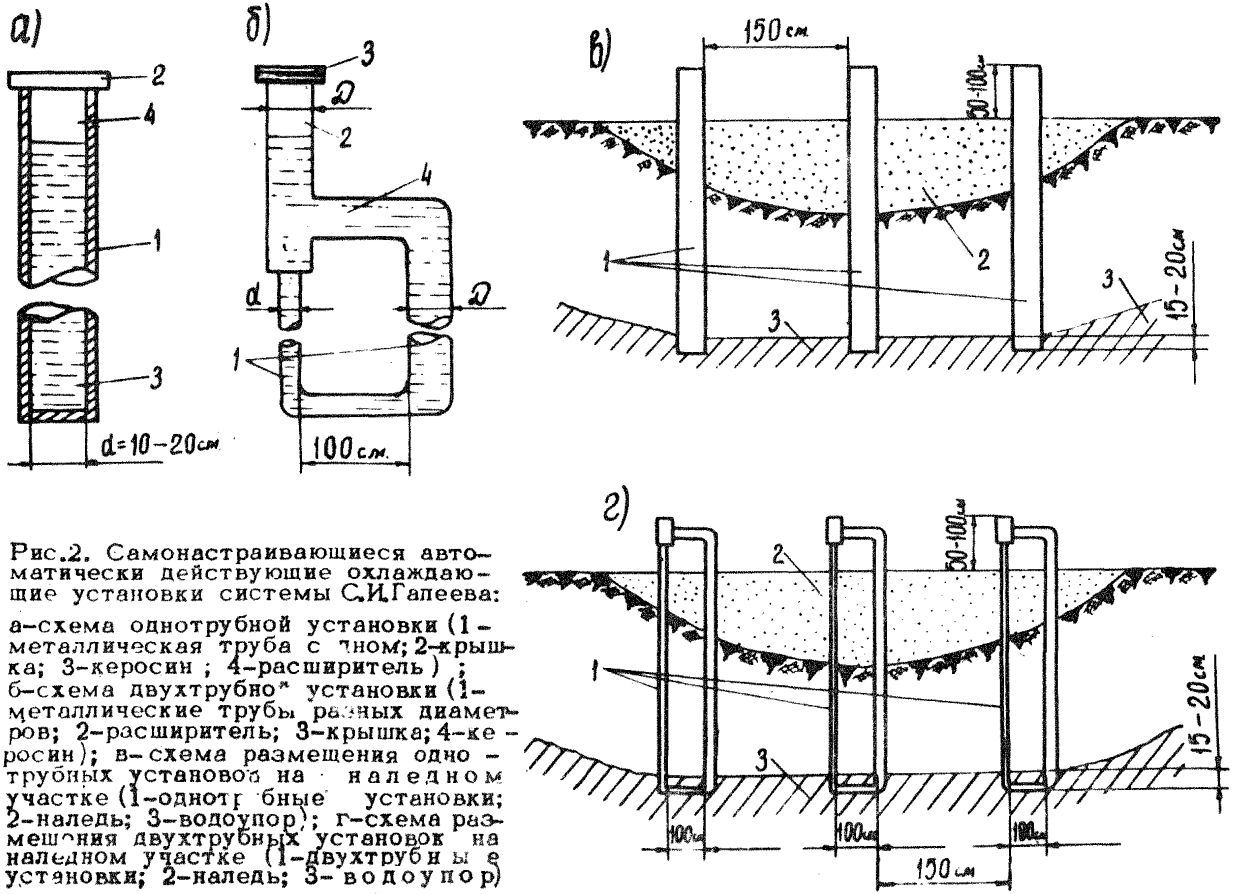


Рис.2. Самонастраивающиеся автоматически действующие охлаждающие установки системы С.И.Гапеева:

а–схема однотрубной установки (1–металлическая труба с дном; 2–крышка; 3–керосин; 4–расширитель); б–схема двухтрубной установки (1–металлические трубы разных диаметров; 2–расширитель; 3–крышка; 4–керосин); в–схема размещения однотрубных установок на наледном участке (1–однотрубные установки; 2–наледь; 3–водоупор); г–схема размещения двухтрубных установок на наледном участке (1–двухтрубные установки; 2–наледь; 3–водоупор)

дороги (строительными подразделениями), а также в процессе ее эксплуатации (службой ремонта и содержания дорог).

Кроме строительства противоналедных сооружений, служба ремонта и содержания:

а) организует постоянные посты наблюдения за динамикой развития опасных наледей;

б) производит ремонт и содержание противоналедных устройств и сооружений;

в) обеспечивает ремонт и содержание дорог на наледных участках.

13. Строительство противоналедных сооружений следует выполнять комплексом машин и механизмов повышенной проходимости, способных разрабатывать талые и мерзлые грунты.

14. Водоотводные канавы устраивают:

а) весной (по мере протаивания грунта) с помощью экскаваторов (драглайны, обратная лопата), бульдозеров, оборудованных дополнительно лемехами;

б) летом или осенью (в период максимального протаивания грунтов) сразу на полный профиль с помощью кюветокопателей, канавокопателей, бульдозеров и автогрейдеров;

в) зимой - взрывным способом.

Теплоизоляционный материал (мох, торф, хворост) заготавливают летом и складывают для просушивания на специальных настилах. При использовании быстротвердеющей пены в качестве теплоизоляционного материала ее готовят в период производства теплоизоляционных работ в специальной установке, руководствуясь "Временными указаниями по применению быстротвердеющей пены как теплоизоляции в суровых климатических условиях" (ВСН 005-67 Минэнерго СССР).

Если в качестве теплоизоляционного материала используют снег, его накапливают снегозадерживающими щитами, установленными с таким расчетом, чтобы снег откладывался на утепляемом объекте.

В период строительства и эксплуатации водоотводные канавы систематически очищают от наносов и сплывающего с откосов грунта, сохраняя проектный профиль.

15. Деревянные лотки изготавливают отдельными секциями длиной 5–6 м, а жердевое крепление и дощатый настил в виде щитов – на месте производства работ или на специально оборудованных площадках. Щиты и секции устанавливают в траншею с помощью автомобильных или тракторных кранов.

16. Работы по выравниванию и углублению русел производят в конце осени с помощью навесных дноуглубительных снарядов на мощных тракторах (типа Т-140) с уширенными гусеницами. В качестве навесных снарядов могут использоваться корчеватели-собиратели, отверстия между зубьями которых закрывают перфорированными стальными листами.

Отдельные крупные валуны удаляют взрывным способом.

17. Земляные работы по устройству мерзлотных грунтовых поясов выполняют поздней осенью или в начале зимы.

Канавы мерзлотного пояса устраивают экскаваторами или бульдозерами на расстоянии 50–100 м от верхней бровки откоса земляного полотна поперек лога под углом 140–170° друг к другу, врезая их концы в борта лога.

Дну канав придают продольный уклон, обеспечивающий сток воды к тальвегу лога без размыва дна, но не менее 0,002.

Грунт, вынутый при рытье канав, разравнивают (если устраивается площадка с каменной наброской) или перемещают бульдозером в вал. Вал отсыпают послойно (слоями 15–20 см), уплотняя каждый слой гусеницами трактора.

С наступлением весны, если над канавой не устроен щит-навес, дно и стенки пояса изолируют сухим мхом или торфом слоем 30–50 см.

При небольших размерах мерзлотного пояса теплоизоляционный слой дополнительно прикрывают окрашенными в белый цвет деревянными щитами. К началу следующей зимы теплоизоляцию убирают и укладывают с низовой стороны пояса.

18. Наледные пояса устраивают в начале зимы, когда обеспечивается проходимость машин на гусеничном ходу. На площадке наледного пояса удаляют бензопилами крупные деревья, а затем разравнивают и планируют площадь бульдозерами. Камни для мощения доставляют волокушами на прицепе к трактору.

19. Водонепроницаемые экраны устраивают из мятой глины или суглинка с тщательным уплотнением грунта пневмотрамбовками. Рекомендуется в траншее со стороны движения грунтовых вод дополнительно закладывать шпунтовую стенку или слой рубероида.

20. При изготовлении самонастраивающихся автоматически действующих охлаждающих установок сварные швы во избежание утечки керосина опрессовывают воздухом под давлением 6 ати.

При заполнении охлаждающих установок керосином необходимо учитывать увеличение или уменьшение его объема в пределах расчетной амплитуды колебания температуры.

21. Задерживающие и направляющие земляные валы (в мерзлотных поясах, экранах или самостоятельно устроенные) возводят на тщательно подготовленном основании с удалением растительного и торфяного покрова. Валы возводят бульдозерами из слабодренирующих грунтов с послойным уплотнением. Сверху и по откосам вал прикрывают слоем мха или торфа и одерновывают.

22. Сезонные мерзлотные пояса в виде расчищаемых на земляной поверхности полос устраивают бульдозерами. Снег и мохоторфяной покров укладывают с низовой стороны в вал параллельно расчищаемой полосе.

Канавы во льду устраивают поперек водотока последовательным вырубанием части толщи покровного

льда. Канаву заглубляют на 0,3–0,5 м ниже дна русла, а ее концы врезают в берега на такое расстояние, чтобы предотвратить возможность прохода в береговых нано – сах вод, питающих наледь. Для вырубки льда применяют льдофрезерные машины типа ЛФН-ГПИ-1, пневматические молотки, бензопилы "Дружба" и другие механизмы.

Если водоток промораживают путем осадки ледяного массива в опалубке, работы выполняют в такой последовательности. При достижении толщины льда водо – тока до 20–30 см по периметру будущей ханавы в ледяной покров вмораживают деревянные стойки и обшивают их досками. После этого лед с обеих сторон ящика скалывают, а плавающую льдину нагружают кусками льда и камнями с тем, чтобы она погрузилась на 15–20 см и затопилась водой. После замерзания снежно-ледяной массы в ящике прорубь вокруг льдины возобновляют и льдину снова нагружают кусками льда. Подобные операции продолжают до посадки образовавшегося ледяного мас – сива на дно реки.

23. Сборно-разборные передвижные заборы для задержания наледей изготавливают из отходов древесины. Можно использовать инвентарные снегозадерживающие щиты. Перед началом эксплуатации заборов их с обеих сторон обсыпают снегом, который пропитывают водой, что позволяет создать водонепроницаемую преграду.

24. Скалывают и удаляют лед с помощью льдофрезерных машин, пневматических молотков, паровых игл, бульдозеров и других средств механизации.

Взрывным методом можно удалять наледный лед в случае необходимости быстрого устройства канав для отвода наледной воды весной. Взрывные работы выполняет специальный персонал, обязательно соблюдая правила, установленные для производства взрывных работ.

ПРИЛОЖЕНИЯ

РАСЧЕТ УСТРОЙСТВ ДЛЯ БЕЗНАЛЕДНОГО ПРОПУСКА ВОДОТОКОВ

Размеры сооружений дорожного водоотвода назнача - ют на основании гидравлического расчета.

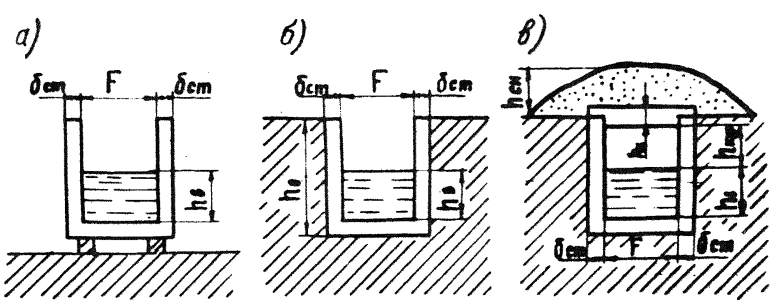
Если для отвода наледной воды в зимний период используют обычные водоотводные дорожные сооружения или устраивают специальные сооружения, то конструкцию их уточняют (I случай) или назначают (II случай) на основании теплотехнического расчета.

Рекомендуется три варианта проектирования устройств для отвода наледной воды (см.рисунок):

а) открытый лоток;

б) полузакрытый лоток (канава);

в) закрытый лоток (канава).



Схемы лотков:
а–открытый; б–полузакрытый; в–закрытый

Возможность устройства открытого, полузакрытого или закрытого лотка устанавливается расчетом с учетом

требуемой длины лотка, природно-климатических условий района строительства, температурного и гидравлического режима наледного потока.

Конструкцию открытых и полузакрытых лотков назначают из условия допущения максимально возможных потерь тепла по длине водотока, используя уравнение

$$\ell n \frac{B - Dt_в}{B} = \frac{DL}{C}, \qquad (1)$$

где $t_в$ – температура воды наледного потока при выходе его на дневную поверхность, замеренная в наиболее холодный месяц зимнего периода с точностью до одной десятой градуса, °С;

B, D и C – параметры, определяемые по формулам:

$$B = 8431\,QJ + \alpha F t_{воз} + \Phi;$$

$$D = \alpha F + K_г F_г;$$

$$C = 3600000\,Q; \qquad (2)$$

Q – расход наледного потока, м^3/сек;

J – продольный уклон канавы (лотка);

α – коэффициент теплопередачи от воды в воздух, ккал/м^2.час·град, определяемый по формуле $\alpha = 4{,}8 + V_\Phi$;

V_Φ – скорость ветра по флюгеру ближайшей метеорологической станции, м/сек, определяемая по климатологическим справочникам; принимается как максимальная среднемесячная скорость ветра за зимний период;

F – ширина канавы или лотка на уровне наледного потока, м;

$t_{воз}$ – температура воздуха, °С; определяют по климатологическим справочникам и принимают как среднюю за наиболее холодный месяц зимнего периода;

Φ – теплопотери в грунт или воздух через стенки лотка, ккал/м.час.

Величину φ находят по формулам:

а) для открытого лотка:

$$\varphi = K_r \; F_r \; t_{воз} \;, \tag{3}$$

б) для полузакрытого лотка:

$$\varphi = K_r \; F_r \; t_r \;, \tag{4}$$

где K_r – коэффициент теплоотдачи, ккал/м^2.час.град;

F_r – периметр смоченного лотка, м;

t_r – температура грунта в естественных условиях на глубине заложения лотка (канавы) в наиболее холодный месяц зимнего периода; устанавливают на основании данных изысканий.

Периметр смоченного лотка F_r определяют по формуле

$$F_r = 2 h_в + F \;, \tag{5}$$

где $h_в$ – толщина слоя воды в лотке, м.

Величину $h_в$ определяют из уравнения

$$F \sqrt{J} \; h_в^{1,5} (1 + \sqrt{n}) = Q n \;, \tag{6}$$

где n – коэффициент шероховатости дна лотка (канавы), устанавливаемый по справочной литературе.

Коэффициент теплоотдачи K_r вычисляют по формулам:

а) для открытого лотка

$$\frac{1}{K_r} = \frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta_{ст}}{\lambda_{ст}} + \frac{1}{\alpha_2} \;, \tag{7}$$

б) для полузакрытого лотка

$$\frac{1}{K_r} = \frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta_{ст}}{\lambda_{ст}} + \frac{1}{\beta} \;, \tag{8}$$

где α_1 – коэффициент теплоотдачи от воды к стенке; α_1 = 4–6 ккал/м^2·час·град;

$\delta_{ст}$ – толщина стенки лотка, м;

$\lambda_{ст}$ – коэффициент теплопроводности материала стенки лотка, ккал/м·час·град;

Расчетные значения $\lambda_{ст}$ (материал насыщен водой) рекомендуется принимать: дерева – 0,35; бетона – 2,0; естественного камня – 2,75.

α_2 – коэффициент теплоотдачи от стенки лотка в воздух, ккал/м^2·час·град; определяют по формуле

$$\alpha_2 = 5\sqrt{0{,}3 + \frac{v_\varphi}{1{,}4}}\ ; \qquad (9)$$

β – коэффициент теплоотдачи от стенки лотка в грунт, ккал/м^2·час·град ; вычисляют по формуле

$$\beta = \frac{\lambda_г}{r_0 \ln\left[\frac{h_0}{r_0} + \sqrt{\left(\frac{h_0}{r_0}\right)^2 - 1}\right]}\ , \qquad (10)$$

где $\lambda_г$ – коэффициент теплопроводности грунта, ккал/м·час·град, определяемый по СНиП II-Б.6-66;

h_0 – глубина заложения канавы или лотка, м;

r_0 – радиус водоотводного устройства, м, при некруглой форме

$$r_0 = \frac{2\omega}{x}\ , \qquad (11)$$

ω и x – соответственно площадь поперечного сечения (м^2) и периметр сечения (м) водоотводного устройства.

Определив значения параметров B, D и C, по формуле (1) вычисляют длину L водоотводного устройства. Если она окажется меньше требуемой длины устройства для пропуска наледного водотока за пределы искусственного сооружения, увеличивают глубину заложе –

ния устройства и расчет повторяют. Если же и при этом не получат требуемой длины устройства или заложение его оказывается слишком глубоким, проектируют лоток (канаву) закрытого типа. Чаще будет такое сочетание, когда в пределах наледного источника лоток устраива - ют полузакрытый, а на подходах к искусственному со - оружению и в пределах его - закрытый тип .

Конструкции закрытых лотков и канав (в том числе и тепловых поясов) назначают исходя из условия, что в пределах лотка (канавы) искусственным путем создает - ся зона с нулевой температурой (талик). Это условие обеспечивают за счет соблюдения следующих требований при проектировании:

а) лоток (канаву) заглубляют в грунт не более, чем $[H_{от} - (0{,}4 \div 0{,}5)]$ м, где $H_{от}$ - максимальная глубина от- таивания грунта в данном районе;

б) сверху лотка в начале зимы создают мощный слой теплоизоляции на ширину (от оси лотка) не менее $\frac{F}{2} + (2{,}5 \div 3)$ м , где F - ширина лотка.

При соблюдении этих требований толщину теплоизоля- ционного перекрытия назначают следующим образом:

1) определяют значение коэффициента $K_{воз}$ по фор- муле

$$K_{воз} = \frac{8431\,Q\,J}{F\left(t_в - t_{воз}\right)}, \qquad (12)$$

где $K_{воз}$ - коэффициент теплопередачи от воды к воздуху через многослойное перекрытие, ккал/м^2·час·град;

$t_в$ - температура воды наледного потока, $^{\circ}C$;

2) вычисляют термическое сопротивление перекрытия $\left(R = \frac{1}{K_{воз}}\right)$, а затем толщину слоя теплоизоляции из снега или другого материала по формуле

$$R = \frac{1}{\alpha_{кур}} + \frac{h_{кур}}{\lambda_{кур}} + \frac{h_к}{\lambda_к} + \frac{h_{сн}}{\lambda_{сн}} + \frac{1}{\alpha_з}, \qquad (13)$$

где $\alpha_{кур}$ – коэффициент теплоотдачи от воды к воздушной прослойке между водой и перекрытием ккал/м^2.час.град.; $\alpha_{кур}$=4÷6 ккал/м^2.час.град.

$h_{кур}$, $h_к$ и $h_{сн}$ – соответственно толщины прослойки крышки лотка и слоя теплоизоляции из снега или другого материала, м;

$\lambda_{кур}$, $\lambda_к$ и $\lambda_{сн}$ – соответственно коэффициенты теплопроводности прослойки, материала крышки лотка и теплоизоляционного слоя, ккал/м·час·град;

$\alpha_з$ – коэффициент теплоотдачи от снега (или другого теплоизоляционного материала) в воздух, ккал/м^2.час.град; определяют по формуле

$$\alpha_з = 20\sqrt{0{,}3 + \frac{V_ф}{1{,}4}}. \qquad (14)$$

Расчетные значения коэффициентов теплопроводности рекомендуется принимать:

для прослойки – 0,1 ккал/м·час·град;

для древесины – 0,35 ккал/м·час·град;

для снега – согласно справочной литературе.

Если слой теплоизоляции из снега устраивают искусственным путем (надвижкой бульдозерами и т.д.), то плотность его принимают в пределах 0,3–0,4 г/см^3.

Пример расчета. Требуется запроектировать лоток длиной 70 м для безналедного пропуска водотока под мостом в районе г.Томмота. В результате изысканий установлено, что наледь образуется за счет выхода на поверхность ключевых вод, имеющих в зимний период расход Q =0,002 м^3/сек и температуру воды $t_в$ =0,3°С. Средний уклон долины в пределах искусственного сооружения J = 0,025. Грунты долины по оси расположения лотка до глубины 0,2 м супесчаные с примесью перегноя, далее – глина влажностью 35%, объемным весом 1,6 т/м^3.

Принимаем следующую конструкцию лотка: лоток деревянный из досок толщиной 0,03 м, ширина лотка F = 0,3 м и высота 0,7 м. Площадь поперечного се-

сечения и периметр сечения принятой конструкции лотка составляют ω = 0,3x0,7=0,21 м^2, x = 2,0 м.

На основании Справочника по климату СССР (выпуск 24) устанавливаем, что для г.Томмота $t_{воз}$ =-35,7°C ; V_{φ} = 1,0 м/сек. Устанавливаем возможность устройства открытого лотка, как требующего наименьших затрат при строительстве. Для этого выполняем необходимые расчеты по формулам (9), (7)-(5), (3)-(1).

(9) $\alpha_2 = 5\sqrt{0,3+\frac{1}{1,4}} = 5,1;$

(7) $\frac{1}{K_r} = \frac{1}{5} + \frac{0,03}{0,35} + \frac{1}{5,1} = 0,48;$ откуда $K_r = 2,08;$

(6) $0,3\sqrt{0,025}\, h_в^{1,5(1+\sqrt{0,01})} = 0,002\cdot 0,01;$

откуда $h_в = 0,010;$

(5) $F_r = 2\cdot 0,010+0,3 = 0,32;$

(3) $\Phi = 2,08\cdot 0,32(-35,7) = -23,8;$

(2) $\alpha = 4,8 + 1 = 5,8$

$B = 8431\cdot 0,002\cdot 0,025-5,8\cdot 0,3\cdot 35,7-23,8=-85,4;$

$D = 5,8\cdot 0,3+2,08\cdot 0,32=2,39;$

$C = 3600000\cdot 0,002=7200;$

(1) $\ln\frac{-85,4-2,39\cdot 0,3}{-85,4} = \frac{2,39\cdot L}{7200};$ $\ln 1,008 = \frac{2,39\cdot L}{7200};$

Натуральный логарифм $\ln 1,008=0,008$, тогда L = 24 м. Таким образом, в результате расчетов установлено, что открытый лоток при заданных условиях можно устраивать длиной не более 24 м. Фактически же длина лотка должна быть 70 м.

Устанавливаем возможность устройства полузакрытого лотка, для чего выполним необходимые расчеты по формулам (11), (10), (8), (4), (2) и (1), приняв глубину заложения лотка 70 см.

(11) $r_0 = \frac{2 \cdot 0{,}21}{2} = 0{,}21;$

(10) $\beta = \frac{1{,}5}{0{,}21 \ln\left[\frac{0{,}7}{0{,}21} + \sqrt{\left(\frac{0{,}7}{0{,}21}\right)^2 - 1}\right]} = 3{,}8;$

(8) $\frac{1}{K_г} = \frac{1}{5} + \frac{0{,}03}{0{,}35} + \frac{1}{3{,}8} = 0{,}55; \quad K_г = 1{,}82;$

(4) $\varphi = 1{,}82 \cdot 0{,}32 \cdot (-4{,}2) = -2{,}45;$

(2) $B = 8431 \cdot 0{,}002 \cdot 0{,}025 - 5{,}8 \cdot 0{,}3 \cdot 35{,}7 - 2{,}45 = -64;$

$D = 5{,}8 \cdot 0{,}3 + 1{,}82 \cdot 0{,}32 = 2{,}29;$

$C = 7200;$

(1) $\ln \frac{-64 - 2{,}29 \cdot 0{,}3}{-64} = \frac{2{,}29 \cdot L}{7200}; \quad L = 35$ м

Принимаем, что вначале на длину 35 м лоток устраивают полузакрытого типа, а на остальную длину (35 м) – такой же конструкции, но закрытый.

Находим толщину теплоизоляционного перекрытия, выполняя расчеты по формулам (12), (14) и (13).

(12) $K_{воз} = \frac{8431 \cdot 0{,}002 \cdot 0{,}025}{0{,}3 \cdot 35{,}7} = 0{,}039; \quad R = \frac{1}{0{,}039} = 25{,}6;$

(14) $\alpha_з = 20\sqrt{0{,}3 + \frac{1}{1{,}4}} = 21;$

(13) $25{,}6 = \frac{1}{5{,}0} + \frac{0{,}69}{0{,}1} + \frac{0{,}03}{0{,}35} + \frac{h_{сн}}{0{,}20} + \frac{1}{21},$

откуда устанавливаем, что $h_{сн} = 3{,}7$ м.

Толщина теплоизоляционного слоя из снега получи - лась значительной и устроить ее практически затрудни - тельно. Поэтому следует изменить конструкцию лотка, увеличив глубину его заложения, и сделать перерасчет толщины слоя теплоизоляции по формуле (13). Для но - вой глубины заложения делается перерасчет и длины ℓ полузакрытой части лотка.

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ И РАСЧЕТУ МЕРЗЛОТНЫХ ГРУНТОВЫХ ПОЯСОВ

Проектирование мерзлотных грунтовых поясов заключается в определении оптимальных размеров канавы и земляного вала.

Размеры канавы мерзлотного пояса устанавливают расчетом в следующем порядке:

1. Определяют значения коэффициентов δ и $K_г$, зависящие от климатических условий района строительства и характеристик грунтов на участке, где устраивается мерзлотный пояс, взятые как средние по всей толщине водоносного слоя:

$$\delta = \frac{4\lambda_м t \tau}{Q_0}; \quad K_г = \frac{\lambda_м}{\sqrt{\alpha_м Q_0}}, \qquad (1)$$

где $\lambda_м$ и $\alpha_м$ – соответственно коэффициенты теплопроводности, ккал/м.час.град, и температуропроводности, м^2/час, грунта в мерзлом состоянии, определяемые в зависимости от его объемного веса и льдистости по СНиП II-Б.6-66;

Q_0 – количество скрытой теплоты льдообразования в единице объема грунта, ккал/м^3;

$$Q_0 = 80\gamma_{ск}\frac{W}{100};$$

$\gamma_{ск}$ – объемный вес скелета грунта, кг/м^3;

W – влажность грунтов, %;

τ – продолжительность периода, час, от даты перехода температур через 0°С осенью до даты интенсивного развития наледей у сооружений.

Обычно принимают τ =1500÷2000 час. – для северных и центральных районов зоны вечной мерзлоты и

τ = 2000÷2500 час. для южных районов зоны вечной мерзлоты и зоны сезоннопромерзающих грунтов;

t – средняя температура воздуха (°С) за период τ.

2. Вычисляют величину поднятия верхней границы вечномерзлого грунта, если последний является водоупором:

$$h_{вм} = 1{,}13\, K_г\, t_г \sqrt{\tau} \quad м, \qquad (2)$$

где $t_г$ – температура грунта на глубине 10 м (глубина постоянной изотермы), °С.

3. Зная глубину залегания водоупора, вычисляют значение

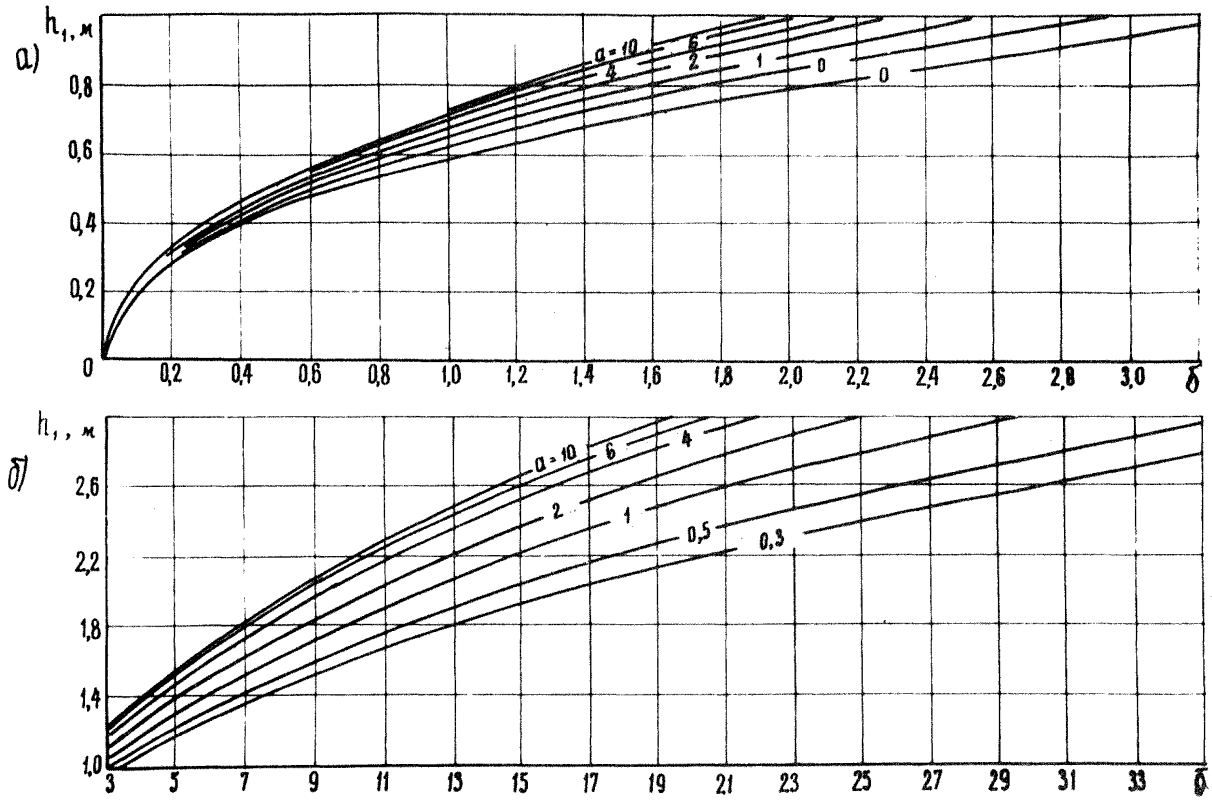
$$h_1 = h_{уп} - h_к - h_{вм}, \qquad (3)$$

где $h_{уп}$ – максимальная глубина залегания водоупора, м, определяемая по данным зондирования участка по оси намечаемого расположения канавы мерзлотного пояса в характерных точках рельефа местности;

$h_к$ – глубина канавы, м, которой задаются: при $h_{уп} \leq 2{,}0$ м $h_к$ =0,6 м; при $h_{уп}$ = 2,0 ÷ 2,5 м $h_к$ =0,6÷1,0м; при $h_{уп}$ =2,5÷3,0м $h_к$ =1,0÷1,5м.

4. На основании вычисленных значений коэффициента δ (формула 1) и величины h_1 (формула 3) по графикам (см. рисунок приложения 2) устанавливают параметр $\frac{c}{h_к}$, а затем по формуле $C = \sqrt{8 h_к a - 4 h_к^2}$ определяют ширину канавы C по верху и, наконец, задаваясь заложением откосов, ширину ее по дну. Для обеспечения необходимой прочности и устойчивости мерзлотной перемычки под канавой ширина ее по дну должна быть не менее 0,5 м.

Пример расчета. Требуется установить размеры канавы мерзлотного пояса на участке, сложенном из песчаных грунтов, в районе, где температура вечномерз



Определение глубины промерзания h грунта:
а–при малых значениях коэффициента δ ; б–при больших значениях коэффициента δ;

лого грунта на глубине 10 м равна -3°С. Влажность грунтов W = 25%, объемный вес $\gamma_{ск}$ = 1700 кг/м^3. Максимальная глубина залегания водоупора из вечномерзлого грунта 2,2 м; τ = 2400 час., средняя температура воздуха t за время τ равна -20°С.

Определяем значения коэффициентов δ и K_r и величин $h_{вм}$ и h_1 :

$$\delta = \frac{4 \cdot 2 \cdot 20 \cdot 2400}{80 \cdot 900} = 5{,}3;$$

$$K_r = \frac{2}{0{,}0042 \cdot 80 \cdot 900} = 0{,}00044;$$

$$h_{вм} = 1{,}13 \cdot 0{,}00044 \cdot 3 \cdot 2400 = 0{,}07 \text{ м};$$

$$h_1 = 2{,}2 - 0{,}6 - 0{,}07 = 1{,}53 \text{ м}.$$

При h_1 = 1,53 и δ = 5,3 по графику находим, что a = 4.

Зная величину a, определяем ширину канавы по верху:

$$C = \sqrt{8 \cdot 0{,}6 \cdot 4 - 4 \cdot 0{,}36} = 4{,}2 \text{ м}.$$

Приняв заложение откосов 1:2, ширина канавы по дну составит 2,0 м.

Размеры земляного вала устанавливают в зависимости от объема грунтовой наледи и с учетом технологии производства работ по отсыпке вала. Высота вала принимается по графику льдосборности с учетом полного задержания наледи.

РАСЧЕТ НАЛЕДНОГО ПОЯСА

Расчет наледного пояса заключается в определении:

- ширины и длины площадки интенсивного охлаждения наледного потока;
- ширины и длины площадки, на которой распластывают охлажденный наледный поток и он замерзает.

1. Ширину площадки интенсивного охлаждения наледного потока рекомендуется определять по формуле

$$b_1 = \frac{Q\,n}{\sqrt{J}\,h_в^{1,5(1+\sqrt{n})}}, \qquad (1)$$

где b_1 – ширина участка интенсивного охлаждения наледного потока, м;

Q – расход наледного водотока осенью, $м^3/сек$ (данные изысканий);

n – коэффициент шероховатости дна участка, определяемый по справочной литературе;

J – продольный уклон русла водотока в пределах наледного пояса;

$h_в$ – глубина наледного потока, м, принимаемая не более высоты выступов каменного мощения.

Длину участка интенсивного охлаждения наледного потока до $0^{\circ}C$ определяют по формуле

$$l_1 = \frac{c}{D} \ln \frac{B - D t_в}{B}, \qquad (2)$$

где l_1 – длина участка интенсивного охлаждения наледного потока, м;

$t_в$ – температура воды наледного источника, замеренная в начале зимнего периода с точностью $\pm 0{,}01\,^{\circ}C$;

B, D и C – параметры, учитывающие теплопотери конвекцией и испарением в воздух, конвекцией в каменное мощение и т.д., определяемые по формулам

$$B = 8431 QJ + \alpha b_1 t_{воз} - 10{,}4\, b_1 (1 + 0{,}22\, V_\varphi) d + \alpha_1 b_1 t_{воз};$$

$$D = \alpha b_1 + \alpha_1 b_1; \qquad C = 3600000\, Q,$$

где V_φ – коэффициент теплоотдачи от воды в воздух, ккал/м^2.час.град.; определяют по формуле $\alpha = 4{,}8 + V_\varphi$;

V_φ – расчетная скорость ветра по флюгеру, м/сек, принимаемая как средняя месячная скорость ветра в первый месяц развития наледей в данном районе (обычно ноябрь-декабрь);

$t_{воз}$, d – соответственно отрицательная температура воздуха, °С, и недостаток насыщения, мм.рт.ст., принимаемые как среднемесячные величины в первый месяц развития наледей; значения V_φ, $t_{воз}$ и d определяют по климатологическим справочникам как средние многолетние значения;

α_1 – коэффициент теплоотдачи от воды в каменное мощение пояса, ккал/м^2.час.град; определяют по формуле $\alpha_1 = 5\sqrt{0{,}3 + V_в}$, где $V_в$ – скорость течения наледного потока:

$$V_в = \frac{Q}{b_1 h_в}.$$

2. Ширину участка b_2, на котором распластывают охлажденный наледный поток и он замерзает, определяют по формуле (1), в которой значение $h_в$ принимают не более 0,007 м, а значение n по справочной литературе.

Длину участка замерзания наледного потока вычисляют по формуле

$$l_2 = \frac{1{,}33 \cdot 10^8 Q}{\alpha b_2 t'_{воз} - 8431 QJ}, \qquad (3)$$

где $t'_{воз}$ – абсолютное значение расчетной температуры воздуха (без учета знака минус), °С;

b_2 – ширина участка, на котором распластывают и замораживают охлажденный наледный поток, м.

Пример расчета. Требуется запроектировать наледный пояс в районе метеорологической станции Якутск для задержания ключевой наледи при расходе источника (ключа) в начале зимнего периода Q = 0,001 м^3/сек и температуре воды $t_в$ = 0,2°С. Уклон русла водотока равен 0,001. По климатологическим справочникам устанавливаем расчетные значения температуры воздуха, скорости ветра и влажности воздуха: $t_{воз}$ = –28°С; $V_ф$ = 2 м/сек; e = 0,6 $мб$ = 0,45 мм рт.ст.

Определяем ширину и длину площадки интенсивного охлаждения наледного потока, приняв $h_б$ = 0,05 м:

$$b_1 = \frac{0{,}001 \cdot 0{,}05}{0{,}001 \cdot 0{,}05^{1{,}5}(1+\sqrt{0{,}05})} = \frac{0{,}00005}{0{,}0316 \cdot 0{,}004} = 0{,}4 \text{ м};$$

α = 4,8+2 = 6,8 ккал/м^2.час.град.;

$$\alpha_1 = 5\sqrt{0{,}3+\frac{0{,}001}{0{,}4 \cdot 0{,}05}} = 2{,}96 \text{ ккал/м}^2\text{.час.град.};$$

$$B = 8431 \cdot 0{,}001 \cdot 0{,}001 - 6{,}8 \cdot 0{,}4 \cdot 28 - 10{,}4(1+0{,}22 \cdot 2)$$
$$(0{,}54-0{,}45) - 2{,}96 \cdot 0{,}4 \cdot 28 = 0{,}0084 - 76{,}2 - 0{,}54 - 33{,}1 =$$
$$-109{,}83;$$

D = 6,8·0,4+2,96·0,4 = 3,90; C = 3600.

По формулам (1), (2) и (3) определяем l_1, b_2, и l_2. l_1 =6,5 м, b_2 =8,7 м; l_2 = 80 м.

Содержание

Стр.

Предисловие 2

Конструкции и методы проектирования противоналедных устройств 3

Строительство, ремонт и содержание противоналедных устройств 16

Приложения

1. Расчет устройств для безналедного пропуска водотоков 25

2. Рекомендации по проектированию и расчету мерзлотных грунтовых поясов 34

3. Расчет наледного пояса 38

Редактор О.А.Ильина
Технический редактор Л.А.Буланова
Корректор И.А.Рубцова

Подписано к печати 20/1X-1971г. Формат 60x84/16
Л 117545 Заказ 112
Объем 2,5 п.л.
Цена 20 коп. Тираж 350

Ротапринт Союздорнии

УДК 625.768.6:624.143.3

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ И ВОЗВЕДЕНИЮ ПРОТИВОНАЛЕДНЫХ УСТРОЙСТВ НА АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГАХ СИБИРИ. Союздорнии, М., 1971

Содержат рекомендации по борьбе с наледями в зависимости от категории дорог. Предложены мероприятия и сооружения, исключающие возникновение опасных наледей на автомобильных дорогах, и даны методы теплотехнических расчетов основных противоналедных устройств.

Изложены основные положения по проектированию, строительству и эксплуатации противоналедных устройств.

Предусматривают главным образом применение противоналедных устройств, исключающих или ослабляющих активизацию природных и возникновение наледей, вызванных при строительстве дорожных сооружений.

Составлены на основе теоретических и лабораторных исследований, анализа наблюдений за динамикой наледей у инженерных сооружений и обобщения производственного опыта строительства и эксплуатации противоналедных устройств, автомобильных и железных дорог на наледных участках.

Рис.-4, табл.-2.

gost.e-ecolog.ru