

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ.....	4
ТЕХНОЛОГИЯ УКЛАДКИ.....	5
ОПРЕДЕЛЕНИЕ НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ЛЕДОВОЙ ПЕРЕПРАВЫ, АРМИРОВАННОЙ ГЕОМАТЕРИАЛОМ.....	6
ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ .....	12

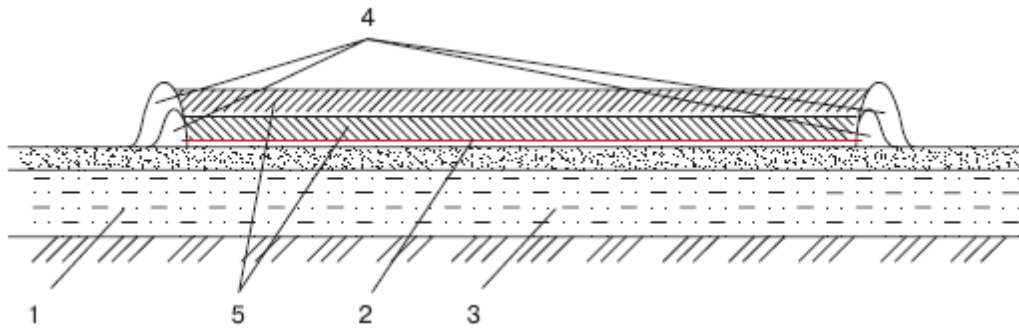
## **ВВЕДЕНИЕ**

Отличительной особенностью ледовых переправ и автозимников является сравнительно малая интенсивность и скорость движения транспортных средств при значительной грузоподъемности большинства автомобилей, осуществляющих грузоперевозки по этим временным дорогам. Для безопасного пропуска большегрузных транспортных средств (общей массой 30-40 т и более) требуется толстый прочный ледяной покров (50-70 см и более) с минимумом трещин. Сейчас используют два способа увеличения грузоподъемности ледовых переправ: искусственное намораживание с увеличением толщины льда или усиление ледяного покрова деревянным брусом с настилом. Первый способ эффективен только до определенных пределов, кроме того, при намораживании увеличивается вероятность образования глубоких трещин, а второй способ очень трудоемок и дорог.

Пункт 2.2 ОДН 218.010-98 ИНСТРУКЦИЯ ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ, СТРОИТЕЛЬСТВУ И ЭКСПЛУАТАЦИИ ЛЕДОВЫХ ПЕРЕПРАВ при классификации ледовых переправ предполагает их разделение по наличию усиления или *армирования* ледяного покрова и его характеру и конструкции.

## **КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ**

Согласно экспериментам, выполненным СибАДИ, использование геосинтетических материалов при создании ледовой переправы позволяет обеспечить увеличение несущей способности ледяного покрова до 60%. Армирование предотвращает образование раскрытых трещин (образуются только волосяные, безззорные трещины). При этом геосетка работает на растяжение, воспринимая растягивающие усилия в нижней части конструкции, при этом наибольшая эффективность работы армирующего материала реализуется при пропуске тяжелой техники (в экспериментах это была СГМ-2).



**Рис. 1. Конструкция армированного ледового полотна:**

**1 - вода; 2 – АРМОСТАБ-Грунт;**

**3 – естественный ледяной покров; 4 – валы снега; 5 – намерзшие слои**

При армировании льда геосинтетическими материалами не происходит хрупких разрушений несущей конструкции, что позволяет прогнозировать предотвращение неожиданных проломов льда под грузом тяжелых автомобилей.

## **ТЕХНОЛОГИЯ УКЛАДКИ**

Укладка геосетки производится захватками кратными ширине рулона, с нахлестами 0,2 м в продольном и поперечном (при использовании более двух рулонов по ширине) направлении. В процессе укладки необходимо осуществлять натяжение полотна путем его примораживания. Поэтому для этих целей используется геосетка с подложкой из специального тонкого геотекстиля, который имеет поры для пропуска воды и создания хорошего контакта. Производится примораживание одной продольной половины, натяжение вручную и последующее полное примораживание. Дальнейшие действия выполняют в соответствии со стандартной технологией намораживания льда.

Извлечение армирующего материала осуществляется без дополнительных мероприятий, когда основная толща ледяного покрова имеет достаточную несущую способность, после того, как слой льда растаял.

Материалы из стекла имеют низкую стоимость, однако при этом сильно теряют свою прочность после извлечения (около 30-40%). Полипропиленовые георешетки вызывают сложность при укладке, в связи с высокой начальной жесткостью, которая увеличивается при низких температурах. Полиэтилен имеет низкую адгезию со льдом. Наиболее оптимальным является полиэстеровое сырье.

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ЛЕДОВОЙ ПЕРЕПРАВЫ, АРМИРОВАННОЙ ГЕОМАТЕРИАЛОМ

Требуемая толщина армированного льда (в см) для пропуска нагрузок может быть определена по следующей формуле:

$$h_{\text{тр}}^{\text{арм}} = 11 \cdot n_{\text{и}} \cdot \sqrt{\frac{P}{K_{\text{арм}}}}, \quad (1)$$

где  $P$  – полная масса нагрузки, т;

$n_{\text{и}}$  – коэффициент, учитывающий интенсивность движения;

$K_{\text{арм}}$  – коэффициент, учитывающий наличие армирующей прослойки из геосинтетического материала.

Таблица 1

Значения коэффициента армирования  $K_{\text{арм}}$

Наименование геосетки	Условный показатель деформативности $E_A$ , кН/м	Коэффициент армирования $K_{\text{арм}}$
АРМОСТАБ-Грунт И 60/60 АРМОСТАБ-АР2П 60/60	600	1,10
АРМОСТАБ-Грунт И 80/80 АРМОСТАБ-АР2П 80/80	750	1,15
АРМОСТАБ-Грунт 100/100 АРМОСТАБ-АР2П 100/100	1250	1,25
ГЕО СТ 50/50	1666	1,15
ГЕО СТ 100/100	3333	1,25

При армировании ледовой плиты происходит уменьшения максимального прогиба конструкции. Величина снижения максимального прогиба зависит от характеристик используемого материала – прочности и деформативности. Удлинение стеклосеток при разрыве составляет порядка 3%, а геосеток из

полиэфира – 12%. Однако принцип работы геосинтетического материала заключается в восприятии растягивающих напряжений, соответственно важным параметром будет являться не только удлинение при разрыве и прочность, а еще и осевая жесткость или условный модуль деформации  $EA$ . Этот параметр включает в себя две характеристики: относительное удлинение и вызвавшую его силу. Стеклосетка с прочностью  $R = 20$  кН/м имеет величину условного показателя деформативности  $EA = 600$  кН/м и полиэфирная геосетка с прочностью  $R = 60$  кН/м тоже  $EA = 600$  кН/м, что говорит о равнозначности применения этих материалов в конструкции.

Эффективность работы армирующей сетки в продольном, поперечном, диагональном и вертикальном направлении зависит от прочности сетки на растяжение и величины ее удлинения при разрыве. Так стеклосетки, изготовленные из волокон малой длины имеют удлинение при разрыве 3%. Но удлинение сетки происходит не за счёт удлинения волокон, а за счёт их смещения относительно друг друга. Это приводит к тому, что уже при небольшом удлинении стеклосетка значительно теряет свою прочность.

В отличие от геосеток из стекловолокна геосетки из полиэфира при удлинении 12% способны эффективно воспринимать нагрузки в любом направлении, это возможно благодаря тому, что они состоят из полиэстеровых волокон бесконечной длины.

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГРУЗОПОДЪЕМНОСТИ ЛЕДОВОЙ ПЕРЕПРАВЫ

При определении грузоподъемности ледовой переправы следует различать:  $h_{тр}$  - требуемую толщину льда, определяемую в зависимости от расчетной нагрузки для кристалльно прозрачного льда;  $h_{л}$  - расчетную толщину льда, определяемую в зависимости от структуры ледяного покрова в створе переправы.

### 1. Для кристалльно прозрачного льда:

Требуемая толщина льда (в см) для пропуска нагрузок может быть определена по данным таблиц П.2.1. и П.2.2. ОДН 218.010-98 или по следующей формуле:

$$h_{тр} = 11 \cdot n_{и} \cdot \sqrt{P}, \quad (2)$$

где  $P$  - полная масса нагрузки, т;

$n_{и}$  - коэффициент, учитывающий интенсивность движения.

При наличии трещин в ледяном покрове и неравномерности структуры льда показатель  $h_{тр}$  необходимо разделить на коэффициент  $K_4$ , определяемый по таблице П.2.3. ОДН 218.010-98.

При соблюдении условия  $h_{л} > h_{тр}$  переправу можно организовать по естественному льду. Для защиты поверхности льда от износа снежный покров сохраняют на толщину до 10 см при плотном и до 15 см при рыхлом снеге или устраивают деревянный настил.

При  $h_{л} < h_{тр}$  требуется усиление льда намораживанием (сверху или снизу) при стабильных отрицательных температурах или устройством настила.

Толщина намороженного льда определяется из условия:

$$h_{тр} = (h_{л} + K_2 \cdot h_{нам}) \cdot K_3 \quad (3)$$

Тогда

$$h_{нам} = \frac{1}{K_2} \cdot \left( \frac{h_{тр}}{K_3} - h_{л} \right), \quad (4)$$

где  $h_{нам}$  - толщина намороженного льда;

$h_{тр}$  - требуемая толщина льда для пропуска нагрузок;

$h_{л}$  - толщина естественного льда;

$K_2 = 0,8$  - коэффициент изменения общей структуры ледяного покрова при наращивании дополнительного льда насосом;

$K_2 = 0,7$  - то же, при намораживании льдодождеванием установкой типа "Град". При этом не учитывается верхний слой льда (фирн) с плотностью менее  $0,7 \text{ г/см}^3$ ;

$K_3 = 1 - 0,05 * n_d$  - дополнительный коэффициент запаса прочности, вводимый при частых оттепелях, где  $n_d$  - число дней с момента появления воды на ледяном покрове.

1. Для пресноводного льда с раковистой структурой:

Расчетная толщина пресноводного льда с раковистой структурой определяется по формуле:

$$h_{л} = h_{пр} + 0,5h_{мут} , \quad (5)$$

где  $h_{пр}$  – толщина прозрачного льда, см;

$h_{мут}$  – толщина мутного льда, см.

При соблюдении условия  $h_{л} > h_{тр}$  переправу можно организовать по естественному льду.

При  $h_{л} < h_{тр}$  требуется усиление льда намораживанием.

Толщина намороженного льда определяется по формуле:

$$h_{нам} = \frac{1}{K_2} \cdot \left( \frac{h_{тр}}{K_3} - h_{пр} - 0,5 \cdot h_{мут} \right) \quad (6)$$

## **ПРИМЕР РАСЧЕТА ГРУЗОПОДЪЕМНОСТИ ЛЕДОВОЙ ПЕРЕПРАВЫ**

Исходные данные:

-нагрузка  $P = 40$  т (гусеничная);

-интенсивность движения  $N = 500$  авт/сут;

-толщина естественного льда  $h_{л} = 60$  см;

-лед: кристалльно прозрачный, ровный, без трещин.

Расчет ледовой переправы без армирования

1. Определяем требуемую толщину льда для пропуска нагрузок:

а) по формуле (2)  $h_{тр} = 11 \cdot 1,1 \cdot \sqrt{40} = 77$  см

б) по таблице П.2.1. для средней температуры воздуха  $0^{\circ}\text{C}$   $h_{тр} = 77$  см

$h_{л} < h_{тр}$  ( $60 < 77$  см), следовательно, требуется усиление льда намораживанием.

2. Определяем толщину намороженного льда по формуле (4):

$$h_{нам} = \frac{1}{0,7} \cdot \left( \frac{77}{1} - 60 \right) = 24 \text{ см,}$$

где  $K_2 = 0,7$ ;

$K_3 = 1$  (в случае отсутствия оттепелей).

Тогда общая толщина  $h_{\text{общ}} = h_{\text{л}} + h_{\text{нам}} = 60 \text{ см} + 24 \text{ см} = 84 \text{ см}$ .

### Расчет ледовой переправы с армированием геосеткой

1. При условии армирования льда геосеткой **АРМОСТАБ-Грунт И 100/100** согласно таблице 1 принимаем коэффициент армирования  $K_{\text{арм}} = 1,25$ .

2. По формуле (1) определяем требуемую толщину армированного льда:

$$h_{\text{тр}}^{\text{арм}} = 11 \cdot 1,1 \cdot \sqrt{\frac{40}{1,25}} = 69 \text{ см}$$

3. По формуле (4) определяем толщину намороженного льда, армированного геосеткой:

$$h_{\text{нам}} = \frac{1}{0,7} \cdot \left( \frac{69}{1} - 60 \right) = 13 \text{ см}$$

Тогда общая толщина  $h_{\text{общ}}^{\text{арм}} = h_{\text{л}} + h_{\text{нам}} = 60 \text{ см} + 13 \text{ см} = 73 \text{ см}$ .

Следовательно, при армировании ледовой переправы геосеткой **АРМОСТАБ-Грунт И 100/100** толщина намороженного льда уменьшается на 11 см, т.е. почти в 2 раза.



## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Увеличение несущей способности ледового покрова намораживанием льда имеет ограничения: этот метод эффективен только при сравнительно тонких слоях (до 50 см); толщина намороженного слоя не должна превышать 30 % от естественной толщины льда.

Армирование ледяного покрова геоматериалами даёт значительно большее увеличение несущей способности по сравнению с намораживанием дополнительных слоёв льда. При этом практически исключаются несчастные случаи, связанные с резким проломом льда под автотранспортом.

Следует отметить, что стоимость жизни сегодня оценивается несколькими миллионами рублей (в расчётах не учтено). Геосинтетический материал может повторно применяться для армирования. Армирование ледяного покрова может увеличить срок службы ледовой переправы до 20 дней. Поэтому армирование ледяного покрова ГМ оказывается наиболее эффективным при необходимости увеличения несущей способности переправы до величины более 20 т и при высоком грузообороте (более 100 авт./сут).

## ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ

15 февраля ОАО “Мезенское дорожное управление” на км 350 автомобильной дороги Архангельск-Белогорский-Пинега-Кимжа-Мезень (ледовая переправа через реку Пеза) провело эксперимент по использованию геосетки при устройстве ледовой переправы.



*Рис. 2. Укладка и фиксация геокompозита*

После обваловывания снегом производилось намораживание льда поверх геосеток и георешёток (*рис. 3*).



*Рис. 3. Поливка участков водой для намораживания льда*



