

Современные способы повышения несущей способности автозимников

Я.М. Рудакова, А.В. Каменчуков

Тихоокеанский государственный университет, Хабаровск

Аннотация: В статье рассмотрены вопросы, связанные с освоением территорий Крайнего Севера и Арктики, а именно - вопросы обеспечения транспортной доступности северных регионов. Рассмотрены вопросы актуальности и востребованности строительства зимних дорог и ледовых переправ. Изучены особенности строительства и эксплуатации автозимников. Рассмотрены и проанализированы основные методы усиления и продления срока службы автозимников. Предложены и обоснованы варианты усиления автозимников и ледовых переправ геосинтетическими материалами. Даны рекомендации по уменьшению экологического воздействия мероприятий по усилению автозимников на окружающую среду.

Ключевые слова: автозимники, ледовые переправы, ледовые покрытия, усиление, армирование.

Современные транспортные системы в виде автомобильных дорог играют ключевую роль в обеспечении доступности удалённых регионов, особенно в условиях сурового климата, Крайнего Севера и Арктики [1, 2]. Одним из важнейших, и наиболее распространенных, элементов транспортной инфраструктуры в северных регионах являются автозимники и ледовые переправы — временные дороги, функционирующие в холодное время года, которое, для северных территорий, может продолжаться до 6-7 месяцев. Однако эксплуатация автозимников сопряжена с рядом трудностей, обусловленных малой прочностью снежно-ледяного покрытия, высокой степенью их износа и необходимостью мониторинга и поддержания безопасного состояния дорог на протяжении эксплуатационного периода. В связи с этим возникает необходимость в разработке эффективных методов повышения несущей способности и долговечности зимних дорог для обеспечения относительно комфортного и безопасного транспортного сообщения с отдаленными территориями [3, 4].

Кроме этого, актуальность данной темы обусловлена программой стратегического развития Российской Федерации по освоению территорий Крайнего Севера и Арктики, разработкой новых месторождений полезных ископаемых, добычей топливно-энергетических ресурсов, а также обеспечением стабильности и территориальной целостности государства [5]. Улучшение характеристик автозимников является частью стратегической задачи по обеспечению транспортной доступности регионов, поскольку позволит обеспечить доступ населения к социально значимым объектам, улучшит качество их жизни, а также приведет к снижению затрат на его эксплуатацию.

Эксплуатация зимних дорог обуславливается такими особенностями как взаимодействие с многолетнемерзлыми грунтами в зимний период времени и слабыми грунтами, возникающими по мере оттаивания грунтов с наступлением стабильных положительных температур. Контроль оттаивания дорожной конструкции необходим еще и для того, чтобы минимизировать ущерб для окружающей среды и не допустить деградацию многолетнемерзлого грунта основания дороги.

Основной задачей эксплуатации зимних дорог являются работы по мониторингу и восстановлению требуемой толщины снежно-ледяного покрытия, особенно на участках прохождения через водотоки. На таких участках необходимо контролировать толщину ледяного покрова, осевую нагрузку, скорость движения и интервалы между транспортными средствами [6, 7]. Отдельное внимание необходимо уделять мероприятиям по обеспечению шероховатости покрытия (сцеплению) путем наметания или вмораживания каменной мелочи (иных дисперсных материалов), древесины и изделий из дерева в верхний слой льда.

При строительстве автозимников применяют различные типы покрытий, адаптированные не только к условиям эксплуатации, но и к

возможностям подрядных организаций по доставке требуемых материалов. Как правило автозимники устраивают в два этапа: подготовительный (летом) и основной этап по устройству автозимника [8].

Для повышения несущей способности автозимников и, в частности, ледовых переправ можно выделить две группы мероприятий [9]:

- усиление основания зимника (грунтового массива);
- усиление и модификация снега-ледяного покрытия.

Усиление оснований осуществляется по следующим технологиям [10]:

1. Сохранение тела насыпи и основания дороги в мерзлом состоянии за счет устройства теплоизоляционных прослоек из естественных или искусственных материалов.

2. Устройство стабилизационных свай заполненных каменным или песчаным материалом, в том числе с устройством обоймы из геосинтетических материалов.

3. Лежневые настилы для перераспределения разгрузки.

4. Армирование основания дороги и тела насыпи прослойками из геосинтетических материалов, полимерным фибрами или стабилизаторами на основе неорганических и органических вяжущих (при недопущении отрицательного воздействия на экосистему).

При невозможности проведения работ по стабилизации или усилению основания дороги, например на участках строительства ледовых переправ, применяют мероприятия по усилению ледовых покрытий. Различают косвенные и прямые способы усиления снежно-ледового покрытия [10 - 12].

Косвенные методы подразделяются на группы:

- изменение физических свойств воды за счет химического или магнетического воздействия;

– защита поверхности покрытия от солнечной радиации путем устройства тонких защитных светопоглощающих (светонепроницаемых) слоев из древесных отходов или плёнкообразующих веществ;

– стабилизация водного потока (подледного) за счет снижения скорости потока или уменьшения величины волны.

– регулирование температурного режима сажного и ледяного покрова или водоёма.

Прямые методы подразделяются на группы:

– увеличение толщины покрытия путем намораживания дополнительного льда;

– вмораживание в снежно-ледяное покрытие армирующих элементов на основе природных (солома, древесина, асбест и т.п.) или искусственных (геосинтетики, стекловолоконные сетки, фибры) материалов.

Наиболее простым способом усиления ледовых покрытий является усиление путем намораживания льда до требуемой толщины. Искомая толщина ледового покрытия определяется по формулам:

$$h_{\text{тр}} = 11 \cdot n_{\text{и}} \sqrt{P} \quad (1)$$

$$h = (h_e + K_1 \cdot h_{\text{нам}}) K_2 \quad (2)$$

$$K_3 = 1 - 0,05n_{\text{д}} \quad (3)$$

где $n_{\text{и}}$ – коэффициент, учитывающий интенсивность движения; P – полная масса нагрузки, т; h_e – толщина естественного слоя льда, см; $h_{\text{нам}}$ – толщина слоя намороженного льда, см; K_1 – коэффициент учитывающий изменения общей структуры ледяного покрова при наращивании дополнительного льда; K_2 – дополнительный коэффициент запаса прочности, вводимый с момента появления воды на покрытии; $n_{\text{д}}$ – число дней с момента появления воды на ледовом покрове.

При применении геосинтетических материалов для армирования ледовых переправ, ряд авторов [10], рекомендуют определять толщину насыпи с учетом характеристики прочности георешетки:

$$h_{тр} = 11 \cdot n_{и} \sqrt{P} / K_{арм} \quad (4)$$

где $K_{арм}$ – коэффициент, учитывающий прочность георешетки и пояс армирования ледового покрытия (верхний или нижний).

Армирование снега-ледовых покрытий выполняется по нескольким схемам (таблица 1) и предназначено для уменьшения трещинообразования.

Таблица 1

Армирование снега-ледяных покрытий

Пояс армирования	Схема	Назначение
Верхний		Препятствие образованию температурных трещин и трещин сжатия-раскалывания
Нижний		Препятствие образованию трещин в результате растягивающих напряжений в основании от транспортной нагрузки
Комбинированный		При повышенных нагрузках, компенсация сжимающих и растягивающих напряжений

Несмотря на то, что применение геосинтетических материалов повышает несущую способность и продляет срок эксплуатации зимних дорог, эти материалы могут оказать негативное воздействие на экосистему. Наибольшее воздействие оказывается на участках перехода через водоемы, особенно через нерестовые реки, поскольку при несвоевременном удалении геосеток из ледового покрытия или при повреждении покрытия в сетках может запутаться рыба и водоплавающие животные и в дальнейшем погибнуть.

При усилении автозимников и, особенно, ледовых переправ, геосинтетическими материалами рекомендуется предусмотреть мероприятия

по своевременному удалению геосинтетика из тела ледового покрытия, по предлагаемой схеме производства работ (рис. 1):

1. Укладывать геосетки раскатывая их поперек ледовой переправы с выходом за пределы переправы на 3-4 м.
2. При укладке геосеток обеспечить их дополнительную непрерывную продольную и поперечную сшивку армирующими элементами или хомутами с перекрытием слоя 0,5 м на всем протяжении ледовой переправы;
3. Конец геосетки по п.1. закрепить на продольной трубке диаметром не более 5 см, для возможности сматывания геосетки;
4. Во время закрытия автозимника намотать геосетка на трубку и убрать с ледовой переправы.

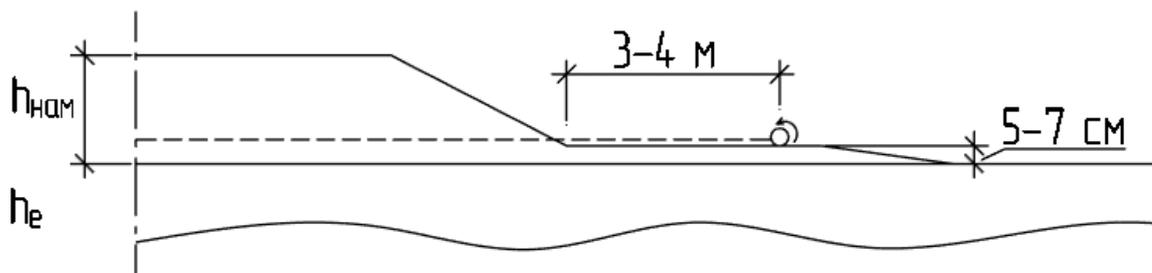


Рис. 1. – Схема предлагаемых мероприятий по удалению геосеток

Решение задачи по уменьшению экологического воздействия применения различных мероприятий по усилению зимних дорог и ледовых переправ на окружающую среду является наиболее значимым, а пренебрежение данной задачей, может привести к невозможности применения современных и инновационных мероприятий при устройстве автозимников.

Литература

1. Костырченко В.А., Мадьяров Т.М., Мерданов Ш.М. Основные аспекты развития транспортной инфраструктуры Крайнего Севера // Фундаментальные исследования. 2016. № 3-1. С. 31-36.

2. Филиппова Н.А., Ефименко Д.Б., Ледовский А.А. Обеспечение эффективности транспортных процессов в районах Крайнего Севера // Мир транспорта. 2018. 16 №4. С. 150-159.

3. Бессонова Т.Н. Климатические риски в экономике северного региона // Актуальные вопросы современной экономики. 2022. № 6. С. 568-581. DOI: 10.34755/IROK.2022.38.28.012.

4. Куликов А.В., Фирсова С.Ю., Дорохина В.С. Повышение эффективности автомобильных перевозок в условиях Крайнего Севера Российской Федерации // Вестник Сибирского государственного автомобильно-дорожного университета. 2021. Т. 18, № 3(79). С. 286-305. DOI:10.26518/2071-7296-2021-18-3-286-305.

5. Бабурин В.Л., Бадина С.В. Оценка социально-экономического потенциала территории, подверженной неблагоприятным и опасным природным явлениям // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 5. География. 2015. № 5. С. 9-16.

6. Мерданов Ш.М., Спиричев М.Ю., Шаруха А.В., Егоров А.Л. Технология строительства снеголедовых дорог // Современные проблемы науки и образования. 2013. № 5. С. 112.

7. Tolebayeva A. Kh., Vitvitskiy E.E. and Markelova T.V. Enhancement of the efficiency of transportation of the company's own cargo in operational scheduling // IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering. 2019. Vol. 632. P. 012062. DOI: 10.1088/1757-899X/632/1/012062.

8. Андреева Е.Г. К вопросу разработки проектной документации на автозимники // Инженерный вестник Дона. 2018. № 1. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2018/4669

9. Шитарев В.А., Коркишко О.А. Современные технологии при устройстве лежневых дорог для обустройства нефтяных и газовых

месторождений // Инженерный вестник Дона, 2016, №4 URL:
ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2016/3892/

10. Гончарова Г.Ю., Сиротюк В.В., Якименко О.В., Орлов П.В., Долгодворов Р.Е. Повышение несущей способности и безопасности ледовых автозимников с помощью армирования и модификации льда // Вестник Сибирского государственного автомобильно-дорожного университета. 2023. Т. 20, № 6(94). С. 786-797. DOI: 10.26518/2071-7296-2023-20-6-786-797

11. Каргаполов Е.В. Обоснование применения модифицированного льда в строительстве автозимников // Научный аспект. 2024. Т. 55, № 6. С. 7134-7144.

12. Pronk A. et al. The 2017-18 design and construction of ice composite structures in Harbin // Structures. Elsevier, 2019. Vol. 18. P. 117-127.

References

1. Kostyrchenko V.A., Mad'yarov T.M., Merdanov SH.M. Fundamental'nyye issledovaniya. 2016. № 3-1. pp. 31-36.

2. Filippova N.A., Yefimenko D.B., Ledovskiy A.A. Mir transporta. 2018. 16 №4. pp. 150-159.

3. Bessonova T.N. Aktual'nyye voprosy sovremennoy ekonomiki. 2022. № 6. pp. 568-581. DOI: 10.34755/IROK.2022.38.28.012.

4. Kulikov A.V., Firsova S.YU., Dorokhina V.S. Vestnik Sibirskogo gosudarstvennogo avtomobil'no-dorozhnogo universiteta. 2021. Т. 18, № 3(79). pp. 286-305. DOI: 10.26518/2071-7296-2021-18-3-286-305.

5. Baburin V.L., Badina S.V. Vestn. Mosk. un-ta. Ser. 5. Geografiya. 2015. № 5. pp. 9-16.

6. Merdanov SH.M., Spirichev M.YU., Sharukha A.V., Yegorov A.L. Sovremennyye problemy nauki i obrazovaniya. 2013. № 5. pp. 112.



7. Tolebayeva A. Kh., Vitvitskiy E.E. and Markelova T.V. IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering. 2019. Vol. 632. P. 012062. DOI: 10.1088/1757-899X/632/1/012062.
8. Andreyeva Ye.G. Inzhenernyi vestnik Dona. 2018. № 1. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2018/4669
9. Shitarev V.A., Korkishko O.A. Inzhenernyi vestnik Dona, 2016, №4. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2016/3892/
10. Goncharova G.YU., Sirotiyuk V.V., Yakimenko O.V., Orlov P.V., Dolgodvorov R.Ye. Vestnik Sibirskogo gosudarstvennogo avtomobil'no-dorozhnogo universiteta. 2023. Т. 20, № 6(94). pp. 786-797. DOI: 10.26518/2071-7296-2023-20-6-786-797
11. Kargapolov Ye.V. Nauchnyy aspekt. 2024. Т. 55, № 6. pp. 7134-7144.
12. Pronk A. et al. Structures. Elsevier, 2019. Vol. 18. P. 117-127.

Дата поступления: 8.02.2025

Дата публикации: 15.03.2025