

УДК 625.7/.8

Слободчикова Надежда Анатольевна, доцент кафедры автомобильных дорог, Федеральное государственное бюджетное общеобразовательное учреждение высшего образования «Иркутский национальный исследовательский технический университет», г. Иркутск

Мальковская Татьяна Алексеевна, магистрант, Федеральное государственное бюджетное общеобразовательное учреждение высшего образования «Иркутский национальный исследовательский технический университет», г. Иркутск

**СТРОИТЕЛЬСТВО ПОДЪЕЗДНЫХ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ
К ПРОМЫШЛЕННЫМ ПРЕДПРИЯТИЯМ
НА ГАЗОКОНДЕНСАТНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЯХ В УСЛОВИЯХ
МНОГОЛЕТНЕМЁРЗЛЫХ, СЛАБЫХ И НЕСТАБИЛЬНЫХ ГРУНТОВ**

Аннотация. В статье рассматривается ситуация особенности и технологии строительства подъездных автомобильных дорог к промышленным предприятиям на газоконденсатных месторождениях, находящихся в условиях многолетнемёрзлых, слабых и нестабильных грунтов. Описаны основные проблемы, с которыми сталкиваются проектировщики и строители в процессе реализации дорожно-строительных работ в сложных геологических условиях. Также представлены подходы к выбору материалов и технологий, способствующих повышению надежности и долговечности дорожного покрытия. В статье проводится анализ применения инновационных решений, направленных на улучшение эксплуатационных характеристик дорожных сооружений, а также рассмотрены их преимущества. Рассматриваются также вопросы проектирования, учета климатических и экологических факторов, специфики работы в условиях крайнего севера, что позволяет обеспечить безопасность и эффективность транспортной инфраструктуры.

The article discusses the situation, features and technologies of construction of access roads to industrial enterprises in gas condensate fields located in permafrost, weak and unstable soils. The main problems faced by designers and builders during the implementation of road construction works in difficult geological conditions are described. Approaches to the selection of materials and technologies that enhance the reliability and durability of the road surface are also presented. The article analyzes the application of innovative solutions aimed at improving the operational characteristics of road structures, as well as their advantages. The issues of design, consideration of climatic and environmental factors, and specifics of work in the Far north are also considered, which makes it possible to ensure the safety and efficiency of transport infrastructure.

Ключевые слова: подъездные автомобильные дороги, микрозажимы, термостабилизаторы, термоскважины, колодцы, геотекстиль, георешётка, геомембрана, цементация, силикатные растворы, смолизация.

Keywords: access roads, micro clamps, thermostabilizers, thermal wells, wells, geotextiles, geogrid, geomembrane, cementation, silicate solutions, tarification.

Исследование строительства подъездных автомобильных дорог к промышленным предприятиям на газоконденсатных месторождениях в условиях многолетнемерзлых, слабых и нестабильных грунтов является актуальным и важным для развития энергетической инфраструктуры, обеспечения безопасности и устойчивости, а также для предотвращения аварий. Строительство в условиях вечной мерзлоты и нестабильных грунтов требует учета экологических аспектов, таких как влияние на окружающую среду и экосистему.

Современные технологии и материалы открывают новые возможности для строительства в сложных условиях. Исследование их применения может привести к значительным улучшениям в проектировании и строительстве. Эффективное строительство и эксплуатация подъездных автомобильных дорог могут существенно снизить затраты на разработку месторождений. Актуальность исследования заключается в поиске оптимальных решений, которые обеспечивают баланс между стоимостью, безопасностью и долговечностью инфраструктуры.

Строительство подъездных автомобильных дорог к промышленным предприятиям в условиях слабых и нестабильных грунтов

Этот процесс представляет собой серьезную инженерную задачу. Для успешного выполнения таких проектов необходимо использовать специальные методы, учитывающие особенности геологии и грунтовых условий. Вот несколько методов и подходов, которые могут применяться в таких ситуациях:

1. Укрепление грунтов

Использование специальных инъекционных растворов для улучшения прочностных характеристик грунта позволяет повысить твёрдость основания, увеличить плотность, уменьшить способность пропускать воду.

Некоторые виды инъекционных растворов и их применение:

Цементация. В пробуренную скважину вводится цементный раствор, который после застывания прочно связывает породу. Метод применяют для

укрепления сыпучих песчаников с мелкозернистым и пылевым составом, при наличии трещин в скальных породах.

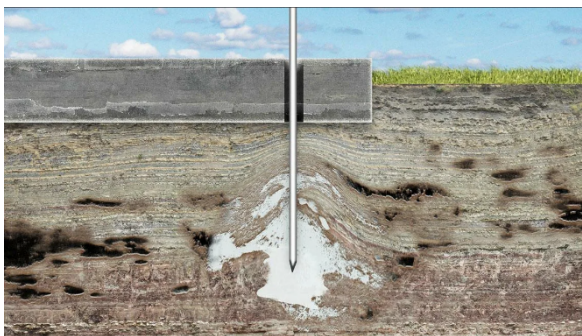


Рисунок 1 — цементация грунтов

Силикатные растворы. Используют в случаях, когда кроме укрепления нужно повысить водостойкость подземных пластов. Силикатные составы вводят в пористые грунты с высоким коэффициентом фильтрации (от 0,5 до 80 м/сутки). Иногда силикаты применяют для заполнения трещин в скальных породах или после цементации, чтобы дополнительно повысить водоотталкивающие свойства пласта.

Смолизация. В грунт вводят синтетические полимерные составы. Обычно это двухкомпонентные смеси: в полимерные смолы добавляют специальный кислотный отвердитель. После тщательного перемешивания смол с отвердителем полученный раствор вводят в грунт. Смолами укрепляют несвязные песчаные грунты.

Вспененные полимерные составы. Используют для ликвидации вымывания пластов водой и их стабилизации, герметизации подземных сооружений.

Выбор вида и состава инъекционного раствора зависит от геологических и гидрогеологических условий конкретного участка, минералогического и химического состава грунта и грунтовых вод, цели инъекции и других факторов.

Установка георешёток, геомембран и геотекстилей позволяет повысить устойчивость дороги и равномерно распределить нагрузку.

Георешётка благодаря своей ячеистой структуре надёжно удерживает наполнитель: песок, гравий, грунт, бетонные смеси. Это не позволяет ему рассыпаться или растечься — формируется фиксированная конструкция. Сочетание полимерных объёмных «сот» с наполнителем создаёт упругую «подушку», которая помогает распределить нагрузку на дорожное полотно равномерно. В результате снижается риск образования провалов, появления колеи и других дефектов.



Рисунок 2 — георешётка

Геотекстиль служит разделительно-дренажным слоем между грунтовым основанием и георешёткой. Он легко пропускает влагу, но удерживает частички грунта. Это не даёт слоям дорожных одежд смешиваться, что предотвращает деформации дорожного полотна — его проседания, провалы, образование трещин.

Геомембраны используются как гидроизолирующие экраны, например, в конструкции гидроизолирующих экранов из геомембран совместно с дренажом из геотекстиля или геосинтетического композита.

Выбор конкретного способа армирования зависит от требований к дорожному полотну и особенностей грунта на месте работ.

2. Фундаментные решения

Укладывание рыхлых песчаных или гравийных слоёв под дорожное полотно помогает улучшить дренаж и снизить давление на грунт.

Для этого устраивают дренирующий слой из песка, пористых гравийно-песчаных и щебёночно-песчаных смесей, шлака и других местных материалов.

Его укладывают под дорожной одеждой на всю её ширину, обеспечивая выход слоя на откос.

Также в насыпях на всю ширину на глубине 1 м от бровки земляного полотна устраивают капилляропрерывающую прослойку из щебня или гравия размером зёрен 5–10 мм толщиной слоя 20–40 мм. Сверху и снизу прослойки располагают противозаиливающие слои из топочных шлаков, высевок размером частиц от 0,1 до 5 мм, геотекстиля толщиной 3–5 мм и других местных материалов, не подвергающихся гниению.

Для обеспечения незбивания зернистого слоя в процессе эксплуатации его рекомендуют обернуть геотекстильным материалом.

Проектирование и устройство дренирующего слоя зависит от природных условий местности, профиля земляного полотна и конструкции дорожной одежды.



Рисунок 3 — Укладывание рыхлых песчаных или гравийных слоёв под дорожное полотно

3. Применение специальных технологий

Создание колодцев и забивка микрозажимов для увеличения несущей способности и устойчивости конструкции.

Колодцы — это углубления, создаваемые в грунте с целью закрепления грунтового массива и улучшения условий для строительства дорожных конструкций. Они могут использоваться для различных целей, включая дренаж, мониторинг уровня грунтовых вод и укрепление оснований.

Микрозажимы — это строительные элементы, забиваемые в грунт с целью увеличения несущей способности основания и повышения

устойчивости дорожных конструкций. Они представляют собой вертикальные или наклонные элементы, которые передают нагрузки на более глубокие и прочные слои грунта.

Преимущества использования колодцев и микрозажимов:

1. Увеличение несущей способности грунта

Микрозажимы, забиваемые в грунт, помогают передавать нагрузки от дорожной конструкции на более глубокие и прочные слои грунта, что значительно увеличивает несущую способность основания.

Создание колодцев и микрозажимов позволяет уменьшить неравномерные осадки, что особенно важно для сохранения целостности дорожного полотна.

2. Улучшение дренажа

Колодцы могут использоваться для дренажа, что позволяет контролировать уровень грунтовых вод и предотвращать их негативное влияние на дорожное полотно.

3. Снижение деформаций и разрушений

Забивка микрозажимов и создание колодцев помогают предотвратить образование трещин и других деформаций в дорожном полотне, что увеличивает срок службы дороги.

4. Экономическая эффективность

Увеличение долговечности и устойчивости дорожной конструкции позволяет сократить расходы на капитальный ремонт и обслуживание.

Использование колодцев и микрозажимов может снизить требования к объемам земляных работ и материалам, что также способствует экономии.

5. Гибкость в проектировании

Методы создания колодцев и забивки микрозажимов могут быть адаптированы под конкретные условия и требования проекта, что делает их универсальными.

Строительство подъездных автомобильных дорог к промышленным предприятиям в условиях многолетнемерзлых грунтов

Многолетнемерзлые грунты обладают уникальными характеристиками (например, низкой проницаемостью, высокой прочностью в замороженном состоянии и низкой прочностью при оттаивании), что требует особого подхода к проектированию и строительству. Рассмотрим основные методы, применяемые в таких условиях.

1. Выбор подходящего типа конструкции

Использование конструкции с поднятым уровнем дорожного полотна для предотвращения его воздействия на мерзлые слои. Это может быть выполнено за счет насыпных материалов.

2. Фундаментные конструкции

Установка дренажных систем для контроля уровня грунтовых вод и предотвращения оттаивания многолетнемерзлых слоев.

Применение опорных стенок или подпорных конструкций для распределения нагрузок и обеспечения стабильности дороги.

3. Материалы и технологии

Использование геотекстилей и георешеток для улучшения прочности и устойчивости дорожной конструкции.

Разработка асфальтобетонных смесей, устойчивых к морозам и резким колебаниям температур.

Применение термостабилизаторов и термоскважин:

Оба метода направлены на предотвращение таяния грунтов и снижения рисков, связанных с динамическими изменениями свойств многолетнемерзлых грунтов. Рассмотрим подробнее каждое из этих решений.

Термостабилизаторы — это специальные материалы или технологии, используемые для регулирования температуры в грунте и предотвращения его оттаивания. Они могут включать различные геосинтетические материалы, инъекционные смеси или системы, основанные на теплоизоляции.



Рисунок 4 — Термостабилизаторы

Термоскважины — это специальные системы, которые используются для контроля температуры в многолетнемерзлых грунтах. Они могут представлять собой забуренные скважины, которые наполнены средой, способствующей передаче тепла, либо использовать системы с циркуляцией холодной или горячей жидкости.



Рисунок 5 — Термоскважины

Применение термостабилизаторов:

Улучшение теплоизоляционных свойств: Термостабилизаторы помогают уменьшить теплопроводность грунта, что предотвращает его оттаивание даже при повышении температуры окружающей среды.

Сохранение мерзлоты: За счет эффективного применения термостабилизаторов возможно поддержание температуры грунта на уровне, предотвращающем переход влаги в жидкое состояние.

Преобразование существующих конструкций: Термостабилизаторы могут быть использованы для реабилитации и переработки существующих дорожных конструкций, повышая их устойчивость.

Применение термоскважин:

Удаление тепла: Термоскважины могут быть использованы для удаления тепла из грунта, предотвращая его оттаивание. Это особенно актуально в области, где возможны температуры выше нуля в летний период.

Регулирование температуры: Возможность запуска или остановки циркуляции жидкости в термоскважинах позволяет регулировать температуру в зависимости от сезонных изменений.

Контроль грунтовых вод: в некоторых случаях термоскважины также могут использоваться для контроля уровня и потока грунтовых вод, что предотвращает возможные негативные воздействия на стабильность дороги.

В заключение, строительство подъездных автомобильных дорог к промышленным предприятиям в условиях многолетнемерзлых, слабых и нестабильных грунтов требует применения комплексного подхода, сочетающего геотехнические исследования, инновационные материалы и технологии, а также надежный мониторинг состояния сооружений. Успешная реализация таких проектов зависит от тщательного геологического анализа, выбора правильных методов и материалов, продуманного контроля за состоянием инфраструктуры и требует глубоких знаний в области инженерной геологии и проектирования, а также актуального опыта работы в таких климатических условиях.

Список литературы

1. Александров, А.Ю., Орлов, Д.Г. "Технологические решения для строительства в условиях вечномерзлых грунтов" // Журнал строительной механики. — 2021.
2. Головнин, Г.П. Многолетнемерзлые грунты и их использование в строительстве. — Санкт-Петербург: Издательство Санкт-Петербургского политехнического университета, 2019.
3. Калашников, В.В., Дорофеева, Н.И. "Опыт проектирования дорог в условиях многолетней мерзлоты", 2020.
4. Попов, В.И. Геотехнические исследования в условиях вечномерзлых грунтов. — Издательство Московского государственного строительного университета, 2018.
5. Смирнов, А.Л. Строительство и эксплуатация инженерной инфраструктуры в условиях вечной мерзлоты. — Новосибирск: Сибирское отделение Российской академии наук, 2017.
6. Сидоров, И.И. Методы строительства дорог в условиях слабых и нестабильных грунтов // Диссертация на соискание ученой степени кандидата наук. — МГСУ, 2020.
7. Лебедев, П.А. Исследование конструкций дорожных покрытий в слабоустойчивых грунтах в условиях холодного климата // Диссертация на соискание ученой степени кандидата наук. — Казанский университет, 2019.

References

1. Alexandrov A.Yu., Orlov, D.G. "Technological solutions for construction in permafrost conditions" // Journal of Construction Mechanics. — 2021.
2. Golovnin G.P. Permafrost soils and their use in construction. — Saint Petersburg: St. Petersburg Polytechnic University Publishing House, 2019.
3. Kalashnikov V.V., Dorofeeva, N.I. "Experience in designing roads in permafrost conditions", 2020.

4. Popov V.I. Geotechnical research in permafrost conditions. — Moscow State University of Civil Engineering Publishing House, 2018.
5. Smirnov A.L. Construction and operation of engineering infrastructure in permafrost conditions. Novosibirsk: Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, 2017.
6. Sidorov, I.I. Methods of road construction in conditions of weak and unstable soils // Dissertation for the degree of Candidate of Sciences. — Moscow State University of Civil Engineering Publishing House, 2020.
7. Lebedev, P.A. Investigation of road surface structures in weakly stable soils in a cold climate // Dissertation for the degree of Candidate of Sciences. — Kazan University, 2019.