УДК 69.052

СТАБИЛИЗАЦИЯ ГРУНТОВ МЕТОДОМ «ХОЛОДНОГО РЕСАЙКЛИНГА» В УСЛОВИЯХ МНОГОЛЕТНЕМЕРЗЛЫХ ГРУНТОВ ДЛЯ ОБУСТРОЙСТВА НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Горьков В.А., Коркишко А.Н., Набоков А.В., Крижанивская Т.В., Огороднова Ю.В.
ФГБОУ ВО «Тюменский индустриальный университет», Тюмень, e-mail: v.a.gorkov@bk.ru

Настоящая статья посвящена сравнительному анализу технической и экономической эффективности применения стабилизации грунтов методом «холодного ресайклинга» в условиях многолетнемерзлых грунтов по отношению к традиционным методам строительства внутри промысловых дорог и площадок нефтегазовых месторождений. В статье раскрываются актуальные проблемы обустройства инфраструктуры отдаленных объектов нефтегазового сектора и предлагаются пути их решения при помощи использования данной технологии с учетом специфики кросс-функционального взаимодействия основных участников процесса строительства, а также описываются основные технологические операции и применяемые строительные машины и механизмы, неразрывно участвующие в циклах строительства. Результаты предоставлены на основе опытно-промышленных испытаний, исследований и мониторинга ключевых показателей, проведенных дочерними обществами компании «Газпром нефть» в течение последних трех лет.

Ключевые слова: стабилизация грунта, холодный ресайклинг, многолетнемерзлый грунт, нефтегазовое месторождение

STABILIZATION OF SOILS BY THE METHOD OF «COLD RESCYCLING» IN CONDITIONS OF PERMAFROST SOILS FOR THE INFRASTRUCTURE DEVELOPMENT OF OIL-AND-GAS FIELD

Gorkov V.A., Korkishko A.N., Nabokov A.V., Krizhanivskaya T.V., Ogorodnova Yu.V.
Federal Budgetary Educational Institution of Higher Education Tyumen Industrial University, Tyumen, e-mail: v.a.gorkov@bk.ru

The present article is devoted to a comparative analysis of the technical and economic effectiveness of the application of soil stabilization by the method of «Cold Recycling» in conditions of permafrost soils with regard to traditional methods of construction infield roads and well pad of oil fields. The article reveals the actual problems of infrastructure development in remote oil and gas sector facilities and suggests ways to solve them using this technology, taking into account the specifics of the cross-functional interaction of the main participants in the construction process and also describes the main technological operations and used construction machines and mechanisms that are inextricably involved in the construction cycles. Results is provided on the basis of pilot tests, research and monitoring of key criteria conducted by Gazprom Neft's subsidiaries in the last three years.

Keywords: soil stabilization, cold recycling, permafrost soil, oil-and-gas field

Нефтегазовый комплекс является основной движущей силой устойчивого и быстрого развития экономики Российской Федерации. Он обеспечивает значительную долю валютных поступлений в бюджет и вносит наиболее существенный вклад в валовый внутренний продукт. Его влияние ощутимо во многих отраслях экономики. В настоящее время все большего внимания заслуживают месторождения трудноизвлекаемых запасов, добыча которых ранее была нерентабельна либо невозможна вообще [1]. В частности, к таким месторождениям относятся месторождения северной части.

Основными проблемами в области инфраструктуры являются удаленность месторождения от транспортных узлов, сложные погодные и климатические условия, ограниченность рынка подрядчиков и импортозамещение, так как отдельные узлы объектов изготавливаются зарубежными компаниями. Такие условия, а также неразвитая дорожная инфраструктура приводят к специфике деятельности по освоению и эксплуатации объектов, в частности к необходимости четкой координации действий с сезонностью климата.

Особенностью строительства автомобильных дорог в условиях вечной мерзлоты является большое содержание воды в карьерном песке. По результатам лабораторных испытаний выявлено, что содержание воды составляет 10–20 %. Это ставит под сомнение возможность его применения для инженерной подготовки объектов, строительства автомобильных дорог и площадок. В весенний период после оттаивания верхнего слоя тундры, как правило, оттаивание составляет от 1,5 до 2 метров, отсыпанные объекты и автодороги приходят в полную негодность. Как следствие, полная потеря геометрии и невозможность эксплуатировать объекты без дополнительных меропри-

ятий по восстановлению [2]. В связи с этим актуальным становится вопрос использования в конструкциях дорожных одежд укрепленных грунтов. Применение местных малопрочных материалов по вышеуказанной причине не обеспечивает требуемые потребительские свойства конструкции автодороги, отсутствие каменных материалов вызывает значительные транспортные затраты по их доставке, а стандартная технология устройства автодорог не позволяет проводить частичную эксплуатацию без последствий, связанных с разрушением дорожной насыпи.

Рис. 1. Фото промысловой дороги Уральского федерального округа

Условия строительства автомобильных внутрипромысловых дорог в условиях вечной мерзлоты усложняются тем обстоятельством, что большой объем строительных материалов и оборудования необходимо завезти в период летней навигации. Летняя навигация составляет всего четыре месяца (июнь, июль, август, сентябрь). За столь незначительный период времени необходимо завезти максимальное количество грузов для последующего строительства и обустройства месторождения.

В дополнение к вышеперечисленным проблемам, особое влияние на полезный срок службы дорожного полотна оказывает высокий темп строительства и обустройства, доставки грузов и оборудования, перебазировки бурового и строительных подрядчиков. Поэтому «новоиспеченная» дорога уже в первые дни своей жизни воспринимает на себя запредельные нагрузки, ведь отдельные блоки перевозимого оборудования могут весить более 100 тонн (рис. 2).

При данных обстоятельствах появляется необходимость стабилизации полотна автодороги в самом начале жизни автодороги. Стабилизация полотна – это эффективный способ создания оснований под покрытия внутрипромысловых дорог и площадок. Далее рассмотрим один из эффективных способов стабилизации полотна автодороги, нашедший применение на объектах ПАО «Газпром нефть» – ресайклинг.

Технология стабилизации грунтов ресайклированием широко используется в проектах небольших дорог территориального назначения, в которых предусматривается устройство покрытий переходного или облегченного типа. Из минимального количества доставляемых материалов, при данных условиях, устройство прочного и долговечного основания с защитным верхним слоем является оптимальным решением. Вследствие высокой производительности оборудования за строительный сезон можно построить несколько десятков километров дорог. Комплект оборудования для стабилизации грунта может производить примерно до 500–700 п.м укрепленной дорожной насыпи в смену.

Устроенное основание служит в качестве временных дорог, позволяя транспорту беспрепятственно перемещаться по участку строительства в любое время года.

У монолитного дорожного основания присутствует ряд объективных преимуществ по сравнению с классическим щебеночным:

- сдвигоустойчивость;
- высокий модуль упругости;
- гидрофобность, не позволяющая грунтовой воде проникать в тело дорожного полотна;
- высокая механическая прочность и связность;
- высокая морозо- и водоустойчивость.

Стабилизация и укрепление грунтов увеличивает прочность почвы, тем самым улучшая несущую способность земляного полотна. При выполнении работ по производству слоя основания дорожной одежды и обочин из стабилизированных грунтов поступление воды к использованному материалу земельного полотна сверху фактически сводится к нулю. В итоге влажность верхней части земельного полотна всегда меньше, чем при устройстве обычных щебеночных оснований на песочном слое.

Поэтому вследствие хорошей распределяющей способности слоев укрепленного грунта ровность покрытий на таких основаниях обычно лучше, нежели на щебеночном или гравийном основании.

Укрепление грунта по технологии ресайклинга представляет собой процесс тщательного измельчения и смешивания грунта с соответствующими органическими или неорганическими связующими материалами с последующим уплотнением (рис. 3).

Так как данная технология относительно новая, документы, регламентирующие требования к технологии и материалам, а также методики расчетов их характеристик, еще не созданы, но работы в данном направлении уже производятся. Вследствие этого качество технологии холодного ресайклинга и ее эффективность пока в значительной мере определяются накопленным опытом инженера. Оптимальные количества вяжущих материалов, которые обеспечивают требуемые параметры стабилизации грунта, определяются лабораторными методами. Предварительные образцы подвергаются испытаниям для подбора состава смеси. Образцы готовятся так, чтобы состав их смеси был как можно ближе к составу материала, который будет получен в процессе фактического ресайклинга.

Применение технологии стабилизации грунта позволяет отказаться от щебня и геотекстиля [3] и, соответственно, от расходов на их приобретение и доставку (рис. 4). В целом затраты на строительство дороги уменьшаются на 15–20 %.

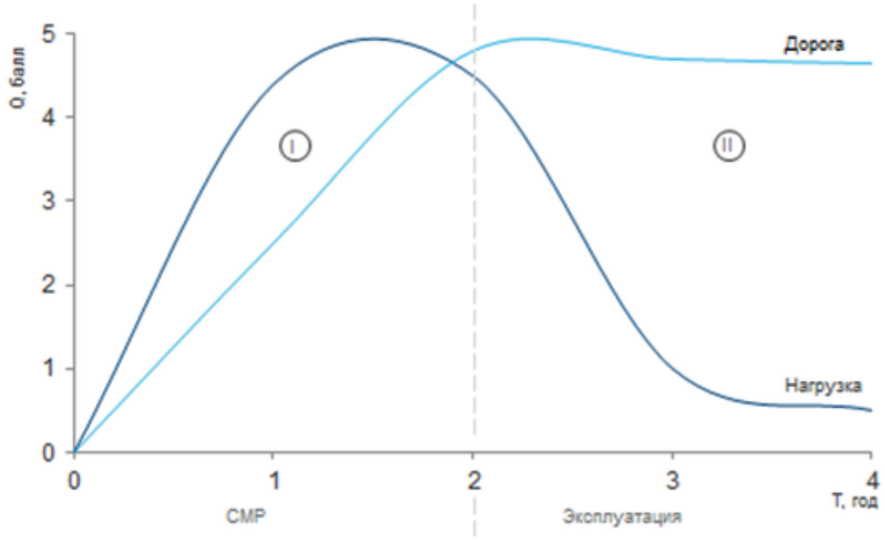

Рис. 2. График жизненного цикла промысловых и обычных дорог: I – обычная автодорога, II – промысловая дорога на нефтегазовом месторождении

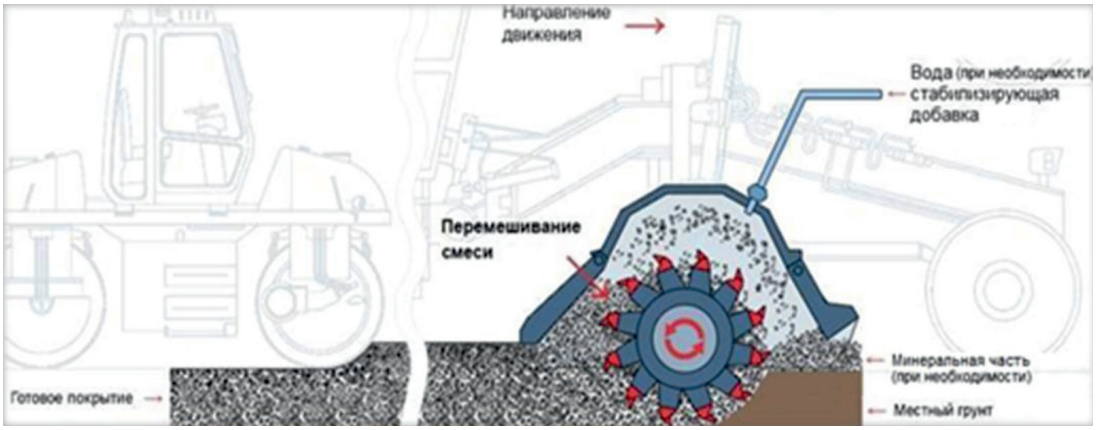

Рис. 3. Технологический процесс стабилизации грунта

Рис. 4. Конструкция дорожной одежды

В процессе реализации работ выполняют следующие технологические операции:

- планировка поверхности;
- дозировка и распределение вяжущих материалов по поверхности;
- перемешивание грунта на требуемую глубину;
- уплотнение грунта катками до необходимых показателей.

Для качественного выполнения таких работ, как стабилизация грунта, необходимо использовать специальное оборудование для ресайклинга. Бункеры-распределители позволяют дозированно внести сухое вяжущее вещество, а навесные фрезы – тщательно перемешать (рис. 6).

Современное оборудование дает возможность с большой эффективностью производить стабилизацию грунта непосредственно на месте строительства на глубину до 60 см за один рабочий проход. Следует отметить также высокую производительность ведущей машины-стабилизатора и большую точность дозировки вяжущих материалов. Рабочая скорость машины составляет от 5 до 10 м/мин при ширине обрабатываемой полосы до 2,0 м, что позволяет значительно повысить производительность работ по устройству оснований дорожного покрытия и сократить сроки строительства примерно на 30% [4] (рис. 5).

После проведения работ по перемешиванию с применением специального оборудования Ресайклера и последующим профилированием следует дополнительное увлажнение (для восполнения потери влаги при профилировании) и уплотнение. Для этого используют пневмокаток, который устраняет разрыхления, возникшие после работы автогрейдера, при этом важно учитывать толщину слоя уплотнения. Пневмокаток оптимально использовать при толщине уплотняемого слоя, находящегося в рыхлом состоянии, не менее 15 см. Между этими технологическими операциями по дополнительному увлажнению и промежуточному уплотнению должно пройти определенное время.

Технологические операции всегда должны выполняться в строго установленном порядке. Они относительно кратковременны и должны быть закончены до начала изменения свойств грунта и формирования заданной пространственной структуры под влиянием постоянно действующих факторов, качественно преобразующих укрепленный грунт в прочный и монолитный слой дорожной одежды. Следует отметить, что отдельные технологические операции при плохом или несвоевременном их выполнении значительно снижают воздействие на грунт постоянно действующих факторов, и в первую очередь вяжущих материалов и активных или поверхностно-активных добавок [5].

Осуществление СМР по стабилизации дорожной одежды требует высокого качества планирования. До начала работ важно продумать все этапы, шаги и операции, которые должны быть выполнены за день или смену, и зафиксировать их в форме плана работ. Подбор машин осуществляется с учетом производительности, ширины и глубины дорожного покрытия, которое может быть обработано за один проход. От ширины дороги зависит число проходов ресайклера, необходимых для её обработки на всю ширину. Сужающиеся участки требуют особого внимания выполнения работы.

Таким образом, устройство верхней дорожной одежды, эксплуатируемый слой (дорожные плиты), остается на следующий период строительства, без значительных повреждений дорожной насыпи. Последующее эксплуатирование дорог не принесет дополнительных финансовых затрат, направленных на реконструкцию дороги. Качественное составление проектно-сметной документации напрямую влияет на эксплуатационную надежность дорог и эффективность освоения вкладываемых ресурсов [6].

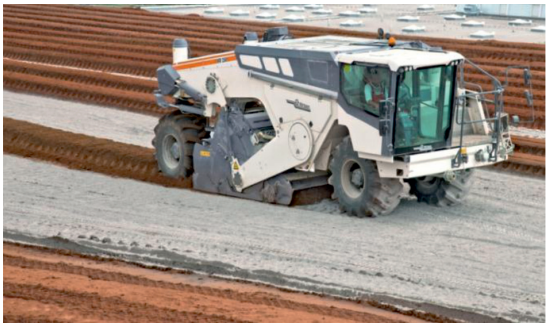

Рис. 5. Ресайклер, двигающийся по обрабатываемому материалу

Рис. 6. Фрезерный барабан колесного ресайклера

Проведенные опытно-промышленные испытания в дочерних обществах компании «Газпром нефть» получили в разной степени положительный экономический эффект:

● ГНП-Хантос – при устройстве дорожного покрытия «Подъездная дорога к кусту № 61» в 2015 г. экономический эффект составил 0,5% стоимости СМР дорожной одежды из щебня, включая сокращение сроков СМР и уменьшение транспортных и заготовительно-складских расходов.

● ГПН-Муравленко – при устройстве дорожного покрытия «Примыкание куста № 76 – куст № 76» Крайнего месторождения экономический эффект составил 56% в сравнении с плитами ПДН-14.

● ГПН-ННГ – при устройстве дорожного покрытия подъездной дороги к кусту скважин № 10 и № 334 Вынгапуровского месторождения экономический эффект составил 8,6% относительно покрытия из щебня.

● ГПН-Муравленко – при устройстве дорожного покрытия «Автодорога Муравленковское м/р – ДНС Северо-Янгтинского м/р» экономический эффект составил 7792 руб/м^2 относительно покрытия из плит ПДН.

Подводя итоги, можно сказать, что стабилизация грунтов методом холодного ресайклинга по сумме приведенных экономических и промышленных аргументов является достойной альтернативой при строительстве автомобильных дорог, которая сможет обеспечить главный приоритет в быстроте и качестве выполняемых работ.

Список литературы

1. Айроян З.А., Коркишко А.Н. Управление проектами нефтегазового комплекса на основе технологий информационного моделирования (BIM-технологий) // Инженерный вестник Дона. – 2016. – Т. 44, № 4(43). – С. 151.

2. Ресайклинг. Новейшие технологии. Универсальное применение: Проспект фирмы Wirtgen. 1997. – № 54–11. RU 05/97. – 51 с.

3. Ахметшина А.Р., Коркишко А.Н. Применение геотекстиля в дорожном строительстве // В сборнике: Наука сегодня: Проблемы и перспективы развития. Материалы международной научно-практической конференции: в 2 частях. Научный центр «Диспут». – 2016. – С. 18–19.

4. Холодный ресайклинг. Руководство по применению. WirtgenGm BH и A.A. London & Partners, 1998. – 158 с.

5. Костельов М.П. Технология холодного ресайклинга способна быстрее, дешевле и больше ремонтировать покрытий на дорогах России // Дорожная техника. – 2004. – № 3. – С. 98–102.

6. Васильев А.П. Эксплуатация автомобильных дорог: в 2 т. – Том 1 / А.П. Васильев. – М.: Издательский центр «Академия», 2010. – 320 с.