УДК 625.731.1(470.13)

О СТРОИТЕЛЬСТВЕ НЕФТЕПРОМЫСЛОВОЙ АВТОМОБИЛЬНОЙ ДОРОГИ НА ЗАБОЛОЧЕННОЙ ТЕРРИТОРИИ РЕСПУБЛИКИ КОМИ

Канд. техн. наук **М.О. Карпушко**,
канд. техн. наук **И.Л. Бартоломей**
(Пермский национальный исследовательский политехнический университет),
инженер **С.П. Дементьев**
(ООО «ДОРОС»)
Конт. информация: barmadesu@yandex.ru;
s.dementev@yandex.ru;
mkarpushko@gmail.com

В статье приводятся результаты исследований по разработке оптимальной, с точки зрения сроков выполнения и трудоемкости работ, энергоемкости, расхода материалов и стоимости, конструкции земляного полотна для применения при сооружении нефтепромысловых дорог на заболоченных территориях, на примере Республики Коми. Выбрано конструктивное решение возведения земляного полотна с применением прослойки из нетканого геосинтетического материала в полуобойме для обеспечения круглогодичного и бесперебойного движения технологического транспорта для обслуживания объектов нефтяного хозяйства.

Ключевые слова: *земляное полотно, слабые грунты, болото, торф, нетканый геосинтетический материал.*

Проблема строительства дорог на болотах приобрела особую остроту в начале 60-х годов XX века в связи с созданием транспортной сети для освоения открытых нефтяных и газовых месторождений в Западной Сибири и на севере Европейской части России. Этим обусловлено проведение исследований по изучению экономической эффективности строительства автомобильных дорог в северных условиях, транспортной доступности регионов, протяженности автомобильных дорог в нефтедобывающих районах и пути решения транспортных проблем.

Строительство дорог в заболоченных местах представляет собой весьма сложную инженерную задачу. Условия избыточного увлажнения, чрезвычайно низкая несущая способность болотных грунтов, характерный дефицит качественных минеральных материалов – все это создает препятствия, преодоление которых связано со

значительными материальными затратами. Средняя стоимость строительства дороги на переходе через болото в 3-5 раз выше, чем в обычных условиях.

В процессе проектирования и строительства дорог через болото приходится решать комплекс задач, обусловленных следующим:

- особым характером местности (своеобразной микротопографией, плотным растительным покровом, наличием открытых водоемов);
- трудными условиями производства работ (низкой проходимостью, обводненностью);
- специфическими свойствами болотного грунта (высокой сжимаемостью и влажностью, малым сопротивлением сдвигу).

Такие задачи и определяют содержание индивидуального проектирования конструкции, технологии и организации работ.

В 30-х гг. XX в. Н.П. Кузнецовой были разработаны основы научного решения проблемы строительства дорог через болота [**1**]. Ее труды совместно с группой сотрудников ДорНИИ А.А. Арсеньевым, Л.А. Братцевым и другими имели большое практическое значение в годы начала строительства дорог современного типа. Следует отметить, что работы того времени до сих пор не потеряли своей научной и методологической ценности. Для упрощения анализа исходных данных и выбора наиболее рациональных способов перехода через болото была разработана классификация болот.

На долю болот приходится порядка 1,4 млн км^2 или 10 % территории России. Они, в частности, распространены в северных районах страны, где количество выпадающих осадков превалирует над испарением, а средние температуры летних месяцев невелики. Именно по этой причине болота распространены в северных районах европейской части России, в Ленинградской области, Карелии; огромные заболоченные пространства расположены в Западной Сибири и т.д. К востоку от р. Енисея в Восточной Сибири площадь болот резко сокращается вследствие малого количества осадков, сухости воздуха и сравнительно жаркого лета [**2**].

Основная задача проектирования дороги через болото заключается в обеспечении в пределах перехода заданных для трассы в целом технико-эксплуатационных показателей проезжей части. Поэтому возможность снижения затрат благодаря применению более рациональных конструкций ограничивается земляным полотном или заменяющим его сооружением.

Чем более полно учтены особенности слабых грунтов, тем больше гарантии, что выбранная на основе сравнения строительной стоимости и проверенная расчетом конструкция будет достаточно надежной в эксплуатации. В соответствии с принципом проектирования по заданным технико-эксплуатационным показателям при адаптации дорожной конструкции к местным условиям следует, по возможности, не затрагивать внешние элементы дороги. Покрытие на переходе через болото должно иметь такие же эксплуатационные характеристики, как и на участках обычного типа.

Поэтому специальные требования в основном относятся к земляному полотну, цель которого служить прочным и долговечным фундаментом дорожной одежды. Эти требования можно сформулировать следующим образом [**3**]:

- земляное полотно должно быть устойчивым, т.е. деформации выпора или выдавливания слабого грунта из-под насыпи не допускаются (за исключением случаев, когда выдавливание предусмотрено технологией производства работ);
- конструкция земляного полотна и методы производства работ должны обеспечивать окончание процесса интенсивной осадки в период строительства до устройства дорожной одежды;
- величина осадки должна быть минимальной;
- просадки дорожной одежды от действия транспортной нагрузки не должны превышать величины, предельно допустимой для заданного вида покрытия.

Объектом исследования, представленного в данной статье, является автомобильная дорога от поселка Гажаяг до куста скважин №1 Лачьельского участка недр для закачки пластовых вод Нефтешахтного управления (НШУ) «ЯРЕГАНЕФТЬ» ООО «ЛУКОЙЛ-Коми» протяженностью 10,5 км, расположенная в Республике Коми в 80 км от г. Ухты.

НШУ «ЯРЕГАНЕФТЬ» разрабатывает одно из старейших месторождений Тимано-Печоры – Ярегское. Его эксплуатация началась в 1939 г. Нефть Яреги – тяжелая, залегает на глубине 165-200 м, обладает высокой вязкостью при незначительном содержании газа и низком пластовом давлении. Поэтому основным способом снижения вязкости сырья с целью повышения подвижности является тепловое воздействие на пласт.

Ярега – единственное место в России, где нефть добывают подземным, термошахтным и поверхностным способами.

Тяжелая нефть Яреги обладает редкими свойствами. Из нее производят уникальные химические продукты для нужд дорожно-строительной, космической и фармацевтической отраслей, а также дизельное топливо для сверхнизких температур, на котором работают суда Северного и Арктического флотов.

Строящаяся автомобильная дорога предназначена для обеспечения круглогодичного бесперебойного движения технологического транспорта для обслуживания объектов нефтяного хозяйства НШУ «ЯРЕГАНЕФТЬ» ООО «ЛУКОЙЛ-Коми».

В соответствии с [**4**] территория строительства по сложности природных условий относится к категории средней сложности. Согласно инженерным изысканиям, участок характеризуется отсутствием условий для развития оползней, селей, лавин, землетрясений, абразии и термоабразии, переработки берегов водохранилищ, карста, суффозии, просадочности лессовых пород, эрозии плоскостной и овражной, эрозии речной, солифлюкации, наводнений.

Среди процессов и явлений, неблагоприятно влияющих на строительство и дальнейшую эксплуатацию объекта, следует выделить подтопление, заболачивание и морозное пучение сезоннопромерзающих грунтов. Значительная часть территории производства работ подтоплена, уровни подземных вод зафиксированы на глубинах от 0,3 до 1,4 м, реже до 2,2-3,5 м.

Участок строительства автомобильной дороги протяженностью 1100 м проходит посередине заболоченного озера, средней глубиной по оси дороги 5 м. В этой зоне отмечается наличие 3-х типов болот. Средняя заболоченность всей территории Республики Коми – 9,6 %. Болота занимают общую площадь 3,2 млн га (около 7,7 % территории Республики).

Согласно СП 131.13330.2012 [**5**], территория строительства относится к климатическому подрайону 1Д, в соответствии с приложением Б [**5**] – в пределах подзоны 2_1 дорожно-климатической подзоны 2. Согласно ТСН 23-011-2007 [**6**], район расположения относится к Центральному району по климатическому районированию территории Республики Коми. Зона влажности по СП 50.13330.2012 [**7**] – нормальная.

В неотектоническом отношении, согласно схеме сейсмического районирования Республики Коми, строительная площадка находится в 4- и 5-балльных сейсмических зонах.

Строительство вышеуказанной дороги планировалось осуществить за 1,5 года.

В первую очередь были выполнены лабораторные исследования грунтов, которые включают определение их основных, так называемых индексационных показателей физического состояния, по которым можно оценить механические характеристики, необходимые для расчета дорожной конструкции. Результаты, полученные в ходе проведенных испытаний грунта (торфа), отобранного из основания земляного полотна, приведены в **табл. 1**.

Таблица 1

Результаты лабораторных испытаний торфа

Наименование показателя	***Величина показателя***	
	по ГОСТ 33162-2014 [8]	***экспериментальные данные***
Тип торфа	верховой	верховой
Степень разложения, %	не более 20	18-20
Массовая доля влаги, %	45-60	56
Кислотность, pH	2,5-3,5	2,8
Содержание органических веществ, %	не менее 90	92,8
Зольность, %	не более 10	7,23
Плотность насыпная (на фактическую влагу), кг/м^3		260
Плотность насыпная (на сухое вещество), кг/м^3	не более 150	140
Влагоемкость на сухое вещество, %	не менее 600	607

После лабораторных исследований, сравнения и анализа всех методов строительства автомобильных дорог на заболоченных территориях, с точки зрения сроков и трудоемкости выполнения работ, энергоемкости, расхода материалов и стоимости, было установлено, что наиболее оптимальным методом строительства автомобильных дорог в

Республике Коми является устройство земляного полотна в полуобойме из геотекстиля – нетканого геосинтетического материала – *Геоком Д-360* (**табл. 2**).

Преимущества данного метода следующие:

- относительно невысокая стоимость строительства – 6,3 млн руб./км;
- использование минимального количества специальных транспортных средств;
- короткие сроки выполнения работ по строительству;
- минимальные потери привозного грунта из-за исключения перемешивания с торфом;
- ценовая доступность геосинтетического материала Геоком Д-360;
- устойчивость и долговечность насыпи;
- отсутствие просадок как в процессе консолидации, так и в процессе эксплуатации.

Таблица 2

Характеристики геосинтетического материала Геоком Д-360

Наименование показателя		***Величина показателя***
Поверхностная плотность, г/м²		360,0
Разрывная нагрузка (по длине и ширине)	***Н, не менее***	600,0
	кН/м, не менее	12,0
Удлинение при разрыве, %		по длине – 65-100 по ширине – 80-120
Толщина при нагрузке 2 кПа, мм		3,5
Максимальная ширина, см		600,0

Согласно проекту, профильный объем отсыпки земляного полотна составлял 260,8 тыс. м^3 песчаного грунта, при ширине земляного полотна в верхней части 8 м и средней толщине отсыпки 2,5 м.

Для снижения стоимости объекта был согласован поперечный профиль земляного полотна шириной 5,5 м с устройством 20 разъездных карманов через каждые 500 м дороги для пропуска встречного транспорта (**рис. 1**).

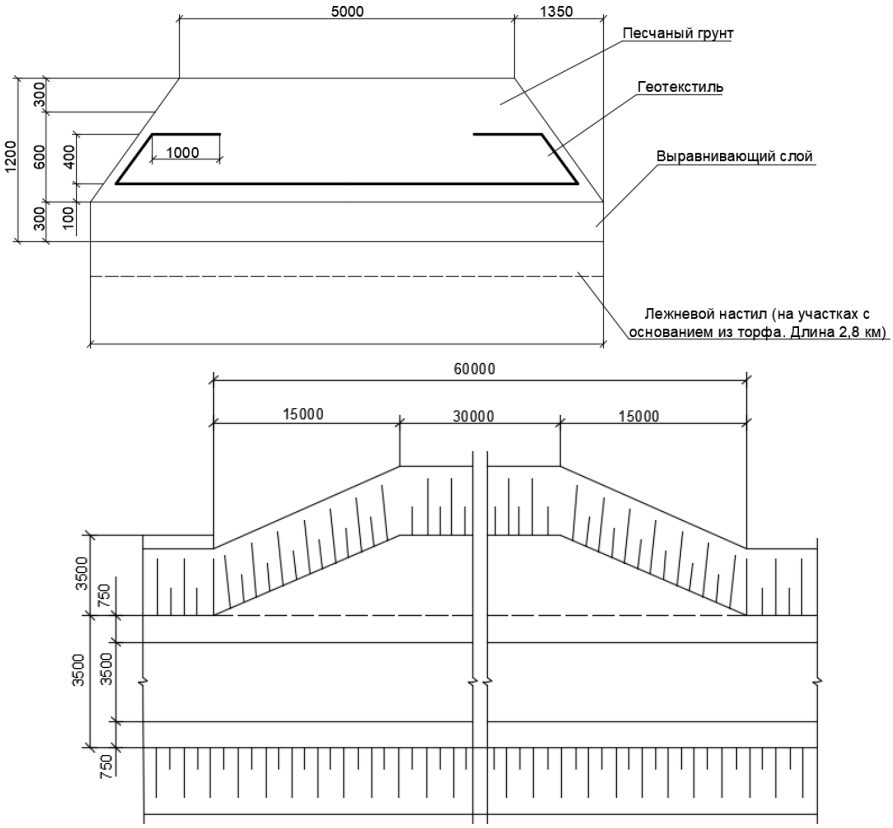

Рис. 1. Конструкция автомобильной дороги. Площадки для разъездов

Профильный объем отсыпки составил 98,5 тыс. м^3 при средней высоте насыпи – 1,5 м. На участках болот 2 и 3 типов выполнены работы по устройству однослойной хворостяной выстилки общей площадью 21,56 тыс. м^2 (**рис. 2**) с последующей отсыпкой выравнивающего слоя из песчаного грунта и устройства прослойки из нетканого геосинтетического материала *Геоком Д-360* в полуобойме. На всем протяжении строящейся автомобильной дороги было предусмотрено устройство прослойки из нетканого геосинтетического материала в полуобойме по выравнивающему слою из песчаного грунта толщиной 30 см в количестве 118,3 тыс. м^2 с направлением укладки поперек оси насыпи (**рис. 2**). Данные работы выполнялись в зимний период. На момент отсыпки высота насыпи составила 6 м. В процессе консолидации основания в течение 6 месяцев высота земляного полотна над уровнем болота составила в среднем 1,5 м. Удалось выполнить

посадку насыпи на минеральное дно болота (**рис. 3**). Дальнейшая осадка прекратилась.

а)

б)

в)

г)

д)

е)

Рис. 2. Процесс производства дорожно-строительных работ:
а – устройство лежневого настила (ПК 90 – ПК 100); б – устройство земляного полотна с прослойкой из Геоком Д-360 в полуобойме (ПК 80); в – устройство прослойки из Геоком Д-360 (ПК 50); г – устройство земляного полотна на болоте глубиной 5 м (ПК60 - ПК-71); д – устройство земляного полотна на болоте глубиной 5 м (ПК 60-ПК 71); е – готовый участок земляного полотна (ПК 60 – ПК 71)

а)

б)

в)

Рис. 3. Процесс производства дорожно-строительных работ:
а – участок болота (ПК 60 – ПК 71); б – участок автомобильной дороги (ПК 60 – ПК 71) в процессе консолидации;
в – земляное полотно автомобильной дороги (ПК 60 – ПК 71) после полной консолидации основания

Дорожное покрытие было устроено из щебня в количестве 17 тыс. т, толщиной 15 см (**рис. 3**), при этом было уложено 9 металлических водопропускных труб диаметром 1420 мм, длиной 9 м каждая, общей протяженностью 81 м; установлено 16 дорожных знаков.

Рис. 3. Устройство дорожного щебеночного покрытия (ПК 60 – ПК 71)

В настоящее время при проектировании и строительстве дорог нефтяных и газовых промыслов должны учитываться требования соответствующих положений противопожарных, санитарных норм и ГОСТов, требования по охране окружающей среды. Структура сети промысловых автомобильных дорог должна определяться совместно с системами транспорта, подготовки нефти-, газа- и электроснабжения.

При этом значительные затраты на сооружение земляного полотна и дорожной одежды в районах добычи нефти и газа обусловливают высокую сметную стоимость строительства автомобильных дорог.

В целях снижения стоимости строительства, а также повышения экономической эффективности необходимо внедрять современные материалы и конструкции, а также прогрессивные технологии строительства на болотах. На рассмотренном участке автомобильной дороги вместо замены торфа местными грунтами, обладающими низкой несущей способностью, земляное полотно было возведено с применением прослойки из нетканого геосинтетического материала в полуобойме. Данное конструктивное решение позволило обеспечить круглогодичное и бесперебойное движение технологического

транспорта для обслуживания объектов Нефтешахтного управления (НШУ) «ЯРЕГАНЕФТЬ» ООО «ЛУКОЙЛ-Коми».

ЛИТЕРАТУРА

1. *Евгеньев И.Е. Строительство автомобильных дорог через болото / И.Е. Евгеньев. – М.: Транспорт, 1968. – 220 с.*
2. *Кац Н.Я. Болота земного шара / Н.Я. Кац. – М.: Наука, 1971. – 295 с.*
3. *Указания по проектированию земляного полотна автомобильных дорог на болотах / Государственный производственный комитет по транспортному строительству СССР. – Разраб. Союздорпроектом Минтрансстроя. – Утвержд. Главтранспроектом. – М., 1963. – 44 с. – Электрон. данные. – URL: http://www.complexdoc.ru/ntdpdf/546545/ukazaniya_po_proektirovaniyu_zemlyanogo_polotna_avtomobilnykh_dorog_na_bolo.pdf (дата обращения 05-06-2018).*
4. *СП 115.13330.2011. Геофизика опасных природных воздействий. Актуализированная редакция СНиП 22-01-95. – Введ. 19.07.2011. – 15 с.*
5. *СП 131.13330.2012. Строительная климатология. Актуализированная редакция СНиП 23-01-99* / Минрегион России. – Введ. 2013-01-01. – Электрон. данные. – URL: http://docs.cntd.ru/document/1200095546 (дата обращения 22-08-2018).*
6. *ТСН 23-011-2007 Республики Коми. Строительная климатология Республики Коми. Дополнение к СНиП 23-01-99. – Электрон. данные. – URL: http://docs.cntd.ru/document/1200051201 (дата обращения 22-08-2018).*
7. *СП 50.13330.2012. Тепловая защита зданий. Актуализированная редакция СНиП 23-02-2003. – Введ. 2013-07-01. – Электрон. данные. – URL: http://docs.cntd.ru/document/1200095525 (дата обращения 22-08-2018).*
8. *ГОСТ 33162-2014. Межгосударственный стандарт. Торф низкой степени разложения. Технические условия. – Введ. 01.04.2016.. – М.: Стандартинформ, 2016. – 6 с.*

LITERATURA

1. *Evgen'ev I.E. Stroitel'stvo avtomobil'nyh dorog cherez boloto / I.E. Evgen'ev. – M.: Transport, 1968. – 220 s.*
2. *Kac N.Ja. Bolota zemnogo shara / N.Ja. Kac. – M.: Nauka, 1971. – 295 s.*
3. *Ukazanija po proektirovaniju zemljanogo polotna avtomobil'nyh dorog na bolotah / Gosudarstvennyj proizvodstvennyj komitet po transportnomu stroitel'stvu SSSR. – Razrab. Sojuzdorproektom Mintransstroja. – Utverzhd. Glavtransproektom. – M., 1963. – 44 s. – Jelektron. dannye. – URL: http://www.complexdoc.ru/ntdpdf/546545/ukazaniya_po_proektirovaniyu_zemlyanogo_polotna_avtomobilnykh_dorog_na_bolo.pdf (data obrashhenija 05-06-2018).*

4. *SP 115.13330.2011. Geofizika opasnyh prirodnyh vozdejstvij. Aktualizirovannaja redakcija SNiP 22-01-95. – Vved. 19.07.2011. – 15 s.*
5. *SP 131.13330.2012. Stroitel'naja klimatologija. Aktualizirovannaja redakcija SNiP 23-01-99* / Minregion Rossii. – Vved. 2013-01-01. – Jelektron. dannye. – URL: http://docs.cntd.ru/document/1200095546 (data obrashhenija 22-08-2018).*
6. *TSN 23-011-2007 Respubliki Komi. Stroitel'naja klimatologija Respubliki Komi. Dopolnenie k SNiP 23-01-99. – Jelektron. dannye. – URL: http://docs.cntd.ru/document/1200051201 (data obrashhenija 22-08-2018).*
7. *SP 50.13330.2012. Teplovaja zashhita zdanij. Aktualizirovannaja redakcija SNiP 23-02-2003. – Vved. 2013-07-01. – Jelektron. dannye. – URL: http://docs.cntd.ru/document/1200095525 (data obrashhenija 22-08-2018).*
8. *GOST 33162-2014. Mezhgosudarstvennyj standart. Torf nizkoj stepeni razlozhenija. Tehnicheskie uslovija. – Vved. 01.04.2016. – M.: Standartinform, 2016. – 6 s.*

ABOUT THE CONSTRUCTION OF AN OILFIELD ROAD AT WETLAND OF THE REPUBLIC OF KOMI

Ph. D. (Tech.) ***M.O. Karpushko****,*
Ph. D. (Tech.) ***I.L. Bartolomei***
(Perm National Research Polytechnic University),
Engineer ***S.P. Dementev***
(OOO «DOROS»)
Contact information: mkarpushko@gmail.com;
barmadesu@yandex.ru;
s.dementev@yandex.ru

The article deals with the research results related to the development of optimal subgrade structure in terms of timely performance and labor intensity, energy requirement, materials consumption and costs for constructing oilfield roads at wetlands, as exemplified by the Republic of Komi. An engineering solution for the subgrade construction using the «wrapping half around» technique for non-woven geosynthetic material as an interlayer has been chosen to ensure year-round and uninterrupted movement of technological transport for oil facilities service operation.
Key words: *subgrade, weak soils, bog, peat, non-woven geosynthetic material.*

Рецензент: канд. техн. наук А.П. Фомин (ФАУ «РОСДОРНИИ»).
Статья поступила в редакцию: 30.03.2018 г.