

# Строительство подводных траншей на переходах трубопроводов через водные преграды и торфяники открытым (траншейным) способом с использованием средств гидромеханизации

**С.М. Штин**

к.т.н., доцент, заслуженный работник<sup>1</sup>  
руководитель<sup>2</sup>  
sershtin@yandex.ru

<sup>1</sup>Минтопэнерго СССР, Москва, Россия

<sup>2</sup>научно-технический центр ЗАО «Завод гидромеханизации», Москва, Россия

**Одним из самых ответственных участков при строительстве протяженных участков газопроводов является необходимость строительства подводных переходов через заливы, пойменные участки рек, реки, каналы и торфяники. Для выполнения этих работ, с необходимой технологической точностью и качеством, возникает потребность в специальной строительной дноуглубительной технике.**

## Материалы и методы

Разработка грунтов способом гидромеханизации.

## Ключевые слова

газопровод, землеройная техника, подводная траншея, залив, река, торфяник, Российский Речной Регистр, землесосный снаряд траншейного типа, фреза для разработки глинистых грунтов, фреза для разработки торфяных грунтов, специальный земснаряд — экскаватор, техногенная авария

При строительстве протяженных участков газопроводов возникает необходимость строительства подводных траншей при переходах трубопроводов через заливы, реки, каналы и торфяники. Выполнение этих строительных работ регламентируется сводом правил, разработанных ассоциацией «Высоконадежный трубопроводный транспорт», РАО «Газпром», АО «Роснефтегазстрой», АО «Подводтрубопроводстрой», АО «ВНИИСТ».

Свод правил приводит с необходимой полнотой рекомендуемые в качестве официально признанных и оправдавших себя на практике положения, применение которых позволяет обеспечить соблюдение обязательных требований строительных норм, правил, стандартов и способствует удовлетворению потребностей общества.

Нормативные документы основываются на современных достижениях науки, техники и технологии, передовом отечественном и зарубежном опыте проектирования и строительства, учитывать международные и национальные стандарты технически развитых стран.

В правилах предусматривается использование строительных и специальных материалов и конструкций, оборудования и арматуры только гарантированного качества и обеспечение высокого качества выполнения всего комплекса строительного-монтажных процессов, надежности подводных переходов через водные преграды и торфяники.

Траншейный способ прокладки (открытый) через водные преграды является

наиболее технологически сложным этапом и состоит в укладке газопровода в подводные и береговые траншеи, которые разрабатываются землеройной техникой в условиях болот, заболоченных участков трассы, в руслах рек. Траншеи при переходе через болота, в зависимости от мощности торфяного слоя и водного режима, проходят или непосредственно в торфяном слое, или разрабатывают торф до минерального основания. Технологические сложности возникают и из-за разнотипности русловых процессов рек, сложности и многообразия крупных русловых форм.

Подводные переходы газопроводов через водные преграды проектируются на основании данных гидрологических, инженерно-геологических и топографических изысканий с учетом условий эксплуатации в районе строительства. Учитываются ранее построенные подводные переходы, существующие и проектируемые гидротехнические сооружения, влияющие на режим водной преграды в месте перехода, перспективных дноуглубительных и выправительных работ в заданном районе пересечения газопроводом водной преграды и требований по охране рыбных ресурсов. Решение этих технологических проблем может быть облегчено при использовании специальных землесосных снарядов, предназначенных для траншейной разработки тяжелых глинистых и торфяных грунтов.

Технология разработки подводных траншей земснарядами сочетает в себе выполнение целого ряда технологических операций,

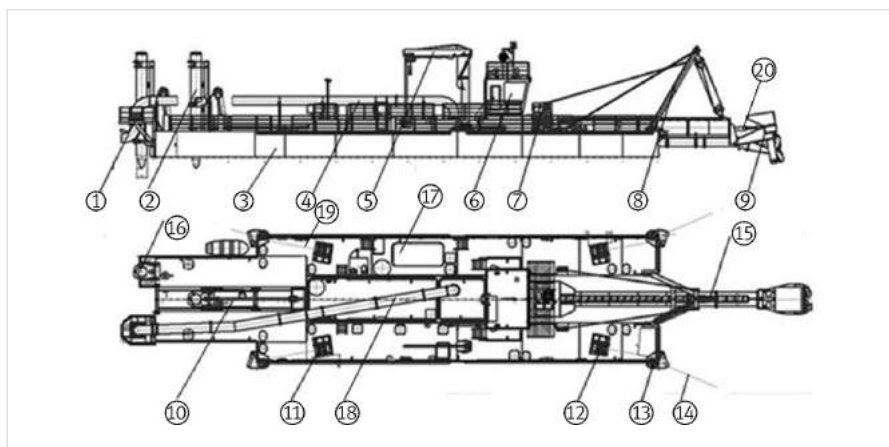


Рис. 1 — Общий вид траншейного земснаряда фрезерно-шнекового типа  
1 — кормовой поворотный шарнир; 2 — свая напорная; 3 — корпус земснаряда; 4 — напорная линия; 5 — кран консольный; 6 — рубка управления; 7 — рамподъемная лебедка; 8 — стрела; 9 — грунтозаборное устройство фрезерно-шнекового типа; 10 — тележка напорного свайного хода; 11 — кормовая папильонажная лебедка; 12 — носовая папильонажная лебедка; 13 — направляющий роульс; 14 — папильонажный трос; 15 — грунтозаборная рама; 16 — свая прикольная; 17 — станция масляная; 18 — напорный трубопровод; 19 — становой трос; 20 — гидроцилиндр изменения угла наклона фрезы

которые выполняются в едином технологическом цикле, и может выполняться с одновременным сбросом грунта на дно реки (водоема) по плавучему пульпопроводу. Возможны разные варианты выполнения строительных работ. Одна траншея разрабатывается землесосным снарядом, а вторая одновременно замывается. Одновременно производится намыв грунта в подводные отвалы или транспортирование его на берег по плавучим и магистральным пульпопроводам. Длина пульпопровода определяются типами земснарядов, дальностью транспортировки грунта, объемами его разработки и другими условиями.

В качестве технических средств, для подводной разработки грунта на переходах трассы газопровода могут использоваться:

- землесосные снаряды различного типа и класса;
- многочерпаковые земснаряды;
- одночерпаковые (штанговые) земснаряды;
- эжекторные установки;
- гидромониторные установки;
- экскаваторы;
- канатно-скреперные устройства (КСУ);
- плавучие буровзрывные установки.

В зависимости от условий производства работ на переходах могут предусматриваться как раздельное использование землесосных, черпаковых земснарядов так и других технических средств или их одновременную работу на объекте в зависимости от технических возможностей земснарядов (осадки, длины рамы рабочего органа), условий судоходства и природоохранных требований.

Выбор и рациональное использование тех или иных технических средств зависят от грунтовых условий, судоходности водной преграды и типов, используемых на переходе грунтообрабатывающих механизмов, соответствующих требованиям Российского Речного Регистра. Наибольшую трудность при строительстве подводных переходов представляет разработка грунтов V–VI категории по трудности разработки земснарядами и устройство траншей в обводненных торфяных грунтах.

До настоящего времени отечественные производители землесосных снарядов не предлагали на рынок регистровые землесосные снаряды способные выполнять специальные земляные работы по строительству подводных траншей в указанных условиях. Использование для этих целей, имеющуюся в арсенале дноуглубительную технику — морально и физически устаревшую, порой представляет угрозу, как техногенного характера, так и ставит под угрозу качество выполнения строительных работ.

Землесосный снаряд, представленный на (рис. 1) и предназначенный для траншейной разработки грунтов, может быть исполнен как с электрическим, так и с дизельным приводом и иметь производительность в соответствии с техническим заданием «Заказчика». Земснаряд изготавливается в соответствии с требованием и под наблюдением Российского Речного Регистра. Соответственно он ставится на учет в Бассейновых управлениях и у эксплуатирующих организаций не возникает проблем с возможностью его эксплуатации на водных акваториях. Конструкция земснаряда предусмотрена модульного типа. Каждый модуль при этом изготавливается в транспортных габаритах.

От существующих на сегодняшний день на

рынке землесосных снарядов новый проект отличают только ему присущие технологические особенности.

Земснаряд предназначен для траншейной разработки грунтов. Ширина траншеи за одну проходку определяется общей шириной специального грунтозаборного с соответствующей мощностью приводного устройства с регулируемой частотой вращения режущих фрез.

Одним из основных элементов является грунтозаборная рама земснаряда, оснащенная специальным грунтозаборным устройством фрезерно-шнекового типа с системой гидравлического привода (рис. 2).

Шнеко-фрезерный режущий орган рыхлителя, состоящий из двух вертикальных фрез специальной конструкции, предназначен для резания высокопластичных глин. Два вертикально расположенных и синхронно вращающихся навстречу друг другу шнеко-фрезерных модуля, срезают глину и подают ее сверху вниз и снизу вверх в зону всасывания, расположенную в центральной части.

Зона всасывания располагается в центральной части высоты рыхлителя, в пределах размещения консольных криволинейных ножей, являющихся продолжением криволинейных поверхностей шнеков.

Режущие лопасти вращаются в направлении от бортов к центру траншеи, причем для предотвращения заклинивания

между режущими кромками древесных и других включений режущие элементы одного рыхлителя смещены по отношению друг к другу на половину углового шага.

Лопастей рабочих органов оснащены сменными (приварными) режущими элементами в виде стальных отливок усиленных по толщине и имеющих режущие кромки.

Концевой участок всасывающей трубы заканчивается всасывающим наконечником целевидной формы с приваренным к нему экраном. Экран служит для уменьшения величины просора и как бы планирует основание траншеи.

В случае необходимости разработки траншеи в торфяных грунтах, производится замена грунтозаборного устройства на специальное грунтозаборное устройство, предназначенное для разработки торфяных грунтов (рис. 3).

В конструкции грунтозаборных устройств предусматривается универсальный фланец, который позволяет производить соответствующую замену. Данная конструкция обеспечивает эффективную работу в любых видах торфяных грунтов, как верховых, так и низинных с величиной пнистости до 3%, при этом обеспечивая проходку траншеи до необходимой проектной отметки и шириной за одну проходку 6 м.

Предусмотренная двухконтурная система гидравлического привода обеспечивает

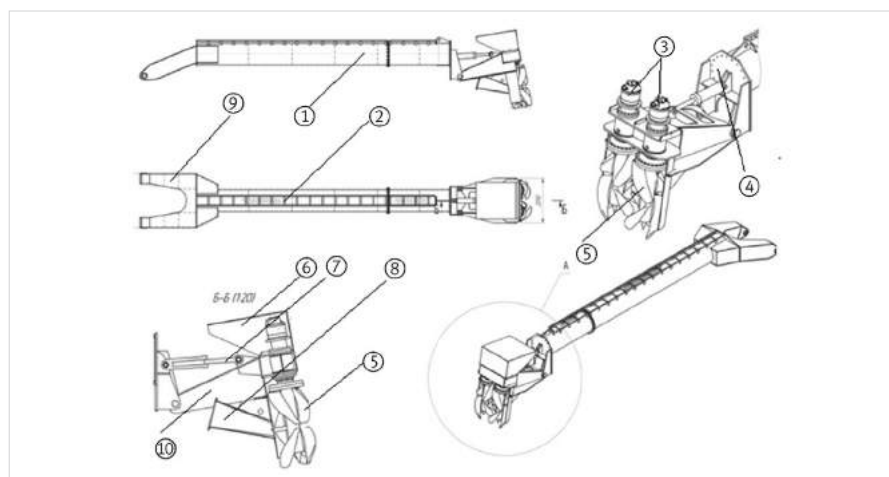


Рис. 2 — Общий вид грунтозаборной рамы землесосного снаряда с грунтозаборным устройством фрезерно-шнекового типа для разработки глинистых грунтов  
1 — грунтозаборная рама; 2 — пешеходный трап для обслуживания грунтозаборного устройства; 3 — гидравлический двигатель (привод шнекового устройства); 4 — универсальное фланцевое устройство; 5 — режущие фрезы; 6 — защитный кожух; 7 — гидроцилиндр для изменения угла наклона фрезы относительно забоя; 8 — всасывающее устройство; 9 — узел крепления грунтозаборной рамы к корпусу земснаряда; 10 — механизм изменения угла наклона

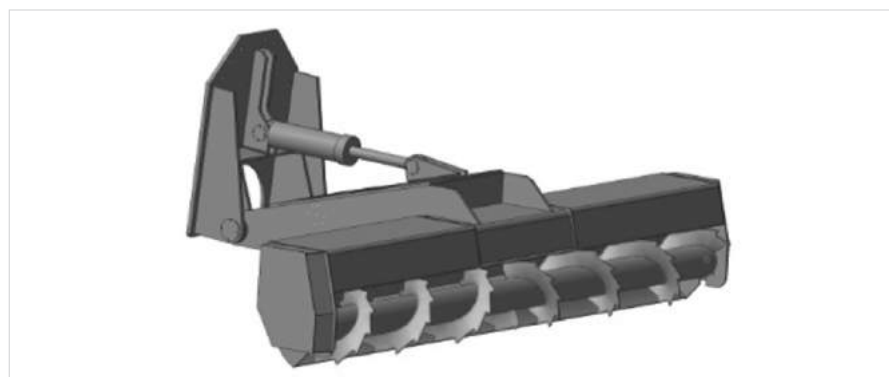


Рис. 3 — Грунтозаборное устройство фрезерно-шнекового типа для разработки торфяных грунтов

возможность управления фрезерными рыхлителями и системой управления напорного свайного хода земснаряда, который обеспечивает постоянный контакт грунтозаборного устройства с разрабатываемым забоем.

Грунтозаборное устройство для торфяных грунтов состоит из двух горизонтально расположенных шнеков, вращающихся к центру на встречу друг другу. На внешней поверхности шнеков в специальных узлах крепления располагаются режущие ротационные ножи. Определяющее значение для эффективной работы. Вращающиеся шнеки режут торф ротационными ножами, прижимая отделенный торф к лобовой поверхности защитного эллипсообразного экрана (бульдозерного типа). Экран препятствует всплыванию торфа и выносу за пределы грунтозаборного устройства, а также регулирует направление потока в сторону всасывающего устройства.

При такой компоновке грунтозаборного устройства обеспечивается наиболее рациональная взаимосвязь скоростей вращения фрез, шнекового питателя, и скоростей всасывания, как по величине, так и по направлению.

Система напорного свайного хода и папильонажных лебедок обеспечивают нахождение и перемещение земснаряда по траншее.

При траншейном способе работ продвижение земснаряда вперед вдоль прорези осуществляется при движении земснаряда за счет движения напорной каретки вдоль приколотов сваи. Остальные лебедки в количестве 4 шт. служат для удержания снаряда на оси разрабатываемой траншеи. Для отвода его назад и для перевода на соседнюю, очередную для разработки траншею.

При внедрении автоматизированных систем управления в конструкции землесосных снарядов появляется возможность регулирования гидромеханических характеристик всей гидротранспортной системы по величине отклонения расходной концентрации твердой фазы от расчетных номинальных значений.

Приняв плотность пульпы за управляющий параметр можно ее использовать для создания системы автоматического регулирования всей гидротранспортной системы земснаряда.

В соответствии с современным пониманием конструкции землесосного снаряда, на земснаряде имеется три технологические точки, работа которых оказывает влияние на плотность пульпы: 1) скорость вращения режущих ножей грунтозаборного устройства с обеспечением постоянного контакта с забоем; 2) скорость перемещения напорной тележки напорного свайного хода; 3) частота вращения рабочего колеса землесосного агрегата.

Реализация системы регулирования осуществляется по следующей принципиальной схеме (рис. 5).

Основными элементами системы управления являются индукционный расходомер 16; радиоизотопный плотномер 13; вторичный сумматорно-преобразовательный прибор, выполненный в виде микропроцессора 14; тахогенератор или тиристорный преобразователь частоты 17.

Система работает следующим образом: исходный поток пульпы формируется за счет разрушения торфяного массива грунтозаборным устройством фрезерно-шнекового типа, образуя смесь торфа и воды (торфяную пульпу). Привод грунтозаборного устройства

осуществляется гидродвигателем, что обеспечивает возможность регулирования частоты вращения шнеков. Грунтозаборное устройство также оснащается системой гидроцилиндра и кренометра, которые обеспечивают необходимый угол наклона грунтозаборного устройства к забою для обеспечения плотного контакта.

Приготовленная пульпа поступает в центробежный насос по всасывающему трубопроводу.

На напорном трубопроводе 6 установлен радиоизотопный плотномер 13 типа ПР-2 или ПЖР (гамма-консистомер с элементом гамма излучения  $Co60$ ) и вторичный

преобразователь 14, фиксирующий интенсивность величины поглощения гамма-излучения и преобразующий значение плотности гидросмеси в соответствующее значение силы тока. Усиленный сигнал управления поступает по линиям связи 15 в сумматор-преобразователь 14. Сюда же поступает сигнал от индукционного расходомера 16, установленного на нагнетательном участке напорного трубопровода 6. Обработанный и преобразованный в соответствии с функцией 5 сигнал поступает на вход тахогенератора или высокочастотного преобразователя 17, подключенного к асинхронному электродвигателю 8 и модулирует требуемую частоту вращения

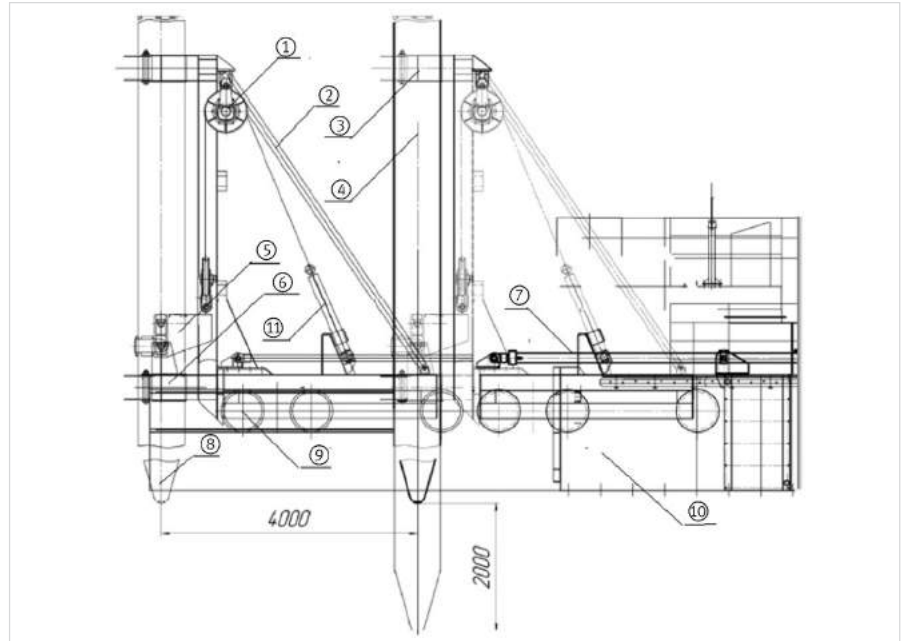


Рис. 4 — Напорный свайный ход с гидравлическим приводом

1 — направляющий блок; 2 — ванты; 3, 6 — портал для удержания сваи в вертикальном положении; 4 — приколотовая свая; 5 — фрикционный свайный захват; 7 — горизонтальный гидроцилиндр, движение штока которого обеспечивает движение свайной каретки; 8 — конусная закланная часть (наконечник сваи); 9 — катки для передвижения напорной аретки; 10 — корпус каретки (подвижный копер); 11 — гидроцилиндр подъема и опускания сваи

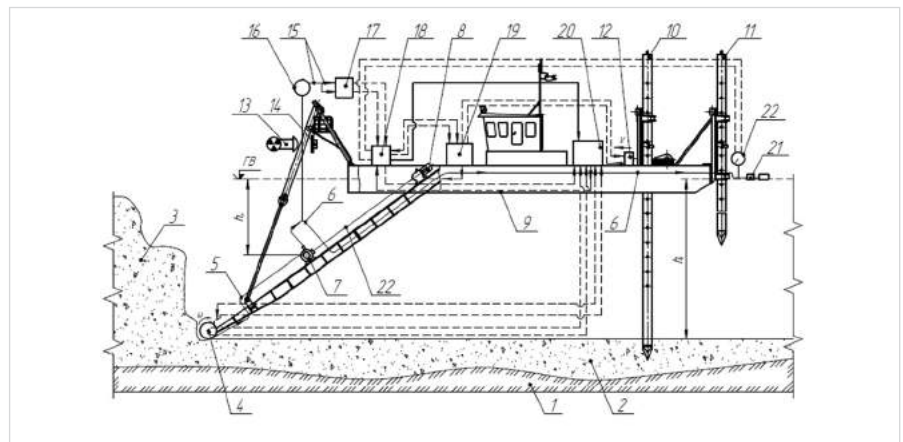


Рис. 5 — Схема регулирования гидротранспортной системы землесосного снаряда по управляющему параметру плотность пульпы

1 — минеральные подстилающие грунты; 2 — защитный слой; 3 — торфяной забой; 4 — грунтозаборное устройство фрезерно-шнекового типа; 5 — всасывающий прибор; 6 — напорный трубопровод; 7 — центробежный насос (землесос); 8 — главный двигатель; 9 — землесосный снаряд; 10 — напорная свая напорного свайного хода; 11 — приколотовая свая; 12 — гидравлический привод напорного свайного хода; 13 — радиоизотопный плотномер (ПР-2); 14 — вторичный сумматорно-преобразовательный прибор; 15 — линии связи систем управления; 16 — индукционный расходомер; 17 — тахогенератор; 18 — бортовой компьютер; 19 — электрическая схема земснаряда; 20 — гидравлическая насосная станция; 21 — плавучий пульпопровод; 22 — прибор измерения скорости движения торфяной пульпы в трубопроводе на термоанемометрической основе

ротора и соответственно рабочего колеса насоса, соединенного с электродвигателем через приводной вал 22. Преобразованный сигнал также может поступать на гидравлическую насосную станцию 20 для изменения скорости вращения шнеков грунтозаборного устройства и скорости передвижения каретки напорного свайного хода.

На напорном трубопроводе устанавливается прибор для замера скорости движения торфяной пульпы 22. Установка настоящего прибора служит обеспечением основного правила движения пульпы в трубопроводе, что средняя скорость течения гидросмеси совпадает с критической скоростью потока, т. е.:  $V_{ср} \geq V_{кр}$ .

Команды регулирования осуществляются через бортовой промышленный компьютер типа PPC-3120-RGAE с адаптером PS-DC19-L157E, жестким диском SQFMSATA 820 16G-S8C, драйвером для Windows Embedded Compact 7 (WinCE 7.0), расположенный в рубке управления.

### Итоги

Повышение эффективности и экологической безопасности при строительстве газопроводов в местах переходов через водные преграды.

### Выводы

1. Использование землесосных снарядов траншейного типа обеспечивает выполнение строительства подводных переходов газопроводов через водные преграды на высоко технологическом уровне как в высокопластичных глинистых грунтах, так и в обводненных торфяных грунтах без необходимости предварительного осушения.
2. Использование землесосных снарядов для разработки траншей в обводненных торфяных грунтах позволяет значительно ускорить сроки строительства газопроводов.
3. Конструкция землесосного снаряда траншейного типа соответствует современному пониманию землесостроения.
4. Внедрение систем автоматического управления производительностью земснаряда значительно повышает эффективность выполнения строительных и добычных работ.

### Список используемой литературы

1. СНиП 11-02-96. Инженерные изыскания для строительства. Основные положения. Минстрой РФ, 1997.
2. ВСН 004-88. Строительство магистральных трубопроводов. Технология и организация. Миннефтегазстрой, 1989.
3. Демьянов С.Е. Повышение эффективности

грунтовых насосов гидротранспортных систем на горных предприятиях регулированием режимов их работы. Санкт-Петербург: Государственный Горный Институт имени Г.В. Плеханова. 2010.

4. Штин С.М., Гурьев Б.Г., Цурган Ф.П., Фридман М.М., Хорьков Б.В. Патент на изобретение №2001999 от 30.10.93. Грунтозаборное устройство для разработки илистых грунтов. Государственный Реестр изобретений. 1993.
5. Штин С.М., Вовк В.С., Кочурков М.И., Краснополский И.В., Липский И.В., Огородников С.П., Сладков В.Б., Шаповалов Н.А. Государственный Реестр изобретений. 1999.
6. Штин А.М., Штин С.М. Патент №103819 от 27.04.11 на полезную модель: Широкозахватное фрезерно-шнековое грунтозаборное устройство землесосного снаряда для разработки торфяных грунтов. Государственный Реестр Полезных моделей Российской Федерации. 2011.
7. Штин С.М. Энергетический баланс торфяной гидротранспортной Системы // Гидротехническое строительство. 2013. №4. С. 42–45.
8. Штин С.М. Использование торфов Западной Сибири в энергетических целях на основе применения гидромеханизированных технологий // Экспозиция Нефть Газ. 2013. №5. С. 134–138.

ENGLISH

GAS INDUSTRY

UDC 622.691

## Construction of underwater trenches for pipelines crossing water obstacles and open peatlands (trench) method with the use of jetting

### Authors:

**Sergey M. Shtin** — doctor of science, ph.d., associate professor, honored worker<sup>1</sup>, head<sup>2</sup>; [shtin@hydromec.ru](mailto:shtin@hydromec.ru)

<sup>1</sup>ministry of energy of the USSR, Moscow, Russian Federation

<sup>2</sup>research and development Center JSC "Plantjetting", Moscow, Russian Federation

### Abstract

One of the most important sites in the construction of stretches of pipelines is necessary to build underwater crossing creeks, flood plains, rivers, canals and peatlands. To perform these operations with the necessary technological precision and quality there is a need in the special construction dredging equipment.

### Materials and methods

Development of soils hydromechanization method.

### Results

Improving the efficiency and environmental

safety in the construction of gas pipelines in the groundwater crossings.

### Conclusions

1. Use dredges trench type ensures that the construction of underwater pipeline crossings over water obstacles at a high technological level in highly plastic clay soils and peat soils in wet without prior drying.
2. Use dredges to develop trenches in flooded peat soils can significantly accelerate the timing of construction of gas pipelines.
3. Construction dredge trench type consistent with current understanding dredger structure.

4. Implementation of automated performance management significantly increases the efficiency of the dredger of construction and mining operations.

### Keywords

pipeline, earthmoving equipment, underwater trench bay, river peatlands Russian river register, dredge trench type, cutter development of clayey soils, cutter soil of peat, special dredge — backhoe, man-made accidents

### References

1. SNIP 11-02-96. *Inzhenernyye izyskaniya dlya stroitel'stva. Osnovnyepolozheniya* [Engineering survey for construction. Key provisions]. *RF Ministry of Construction*, 1997.
2. VSN 004-88. *Stroitel'stvo magistral'nykh truboprovodov. Tekhnologiya i organizatsiya* [Construction of pipelines. Technology and Organization]. *Minneftegazstroj*, 1989.
3. Dem'yanov S.E. *Povyshenie effektivnosti gruntovykh nasosov gidrotransportnykh sistem nagornykh predpriyatiyakh regulirovaniem rezhimovikhraboty* [Improving the efficiency of hydropumps groundwater systems in mines regulation of their operation modes]. St. Petersburg: *State Mining Institutened after GVPlakhanov*. 2010.
4. Shtin S.M., Sasha B.G., Tsurgan F.P., Friedman M.M., Ferrets B.V. Patent №2001999 from 30.10.93. *Gruntozabornoe ustroystvo dlya razrabotki ilistykh gruntov* [Dredge to develop silty soils. State Register of Inventions]. 1993.
5. Shtin S.M., Vovk V.S., Kochurkov M.I., Krasnopol'skiy I.V., Lipskiy I.V., Ogorodnikov S.P., Sladkov V.B., Shapovalov N.A. *Gosudarstvennyy Reestr izobreteniy* [State Register of Inventions]. 1999.
6. Shtin A.M., Shtin S.M. Patent number 103819 from 27.04.11 utility model : wide- milling auger dredge dredger for development of peat soils. State Register of Utility Models of the Russian Federation. 2011.
7. Shtin S.M. *Energeticheskiy balans torfyanoy gidrotransportnoy Sistemy* [Energy balance peat hydrotransportSystem]. *Hydraulic Engineering*, 2013, issue 4, pp. 42–45.
8. Shtin S.M. *Ispol'zovanie torfov Zapadnoy Sibiri v energeticheskikh tselyakh na osnove primeneniya gidromekhanizirovannykh tekhnologiy* [Using Western Siberia peat for energy purposes on the basis of the application of technology hydromechanized]. *Exposition Oil Gas*, 2013, issue 5, pp. 134–138.