



Новые технологии Herrenknecht AG в области ГНБ на крупных трубопроводных проектах: устройство переходов с применением буровых установок класса Mega и Maxi, доталкиватель труб, технология Direct Pipe

Василий Анищенко

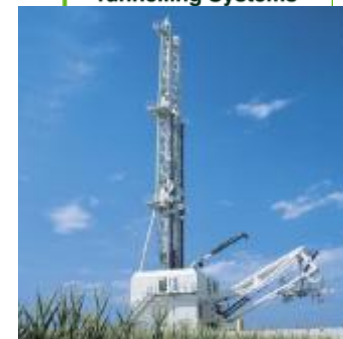
Главный инженер

ООО «Херренкнехт тоннельсервис»

Херренкнехт в Шванау



ХЕРРЕНКНЕХТ- ПОЛНЫЙ СПЕКТР ОБОРУДОВАНИЯ ОТ МАЛЫХ ДО БОЛЬШИХ ДИАМЕТРОВ.



Геология

- Глина
- Ил
- Песок
- Гравий
- Скальная порода
- Грунтовые воды

Коммунальное тоннелестроение

- Водопроводы
- Канализация
- Кабельные коллекторы
- Нефте- и газопроводы
- Вертикальное бурение

Транспортное тоннелестроение

- Дороги
- Ж/д тоннели
- Метро
- Мульти-функциональные тоннели

Глубокое вертикальное бурение

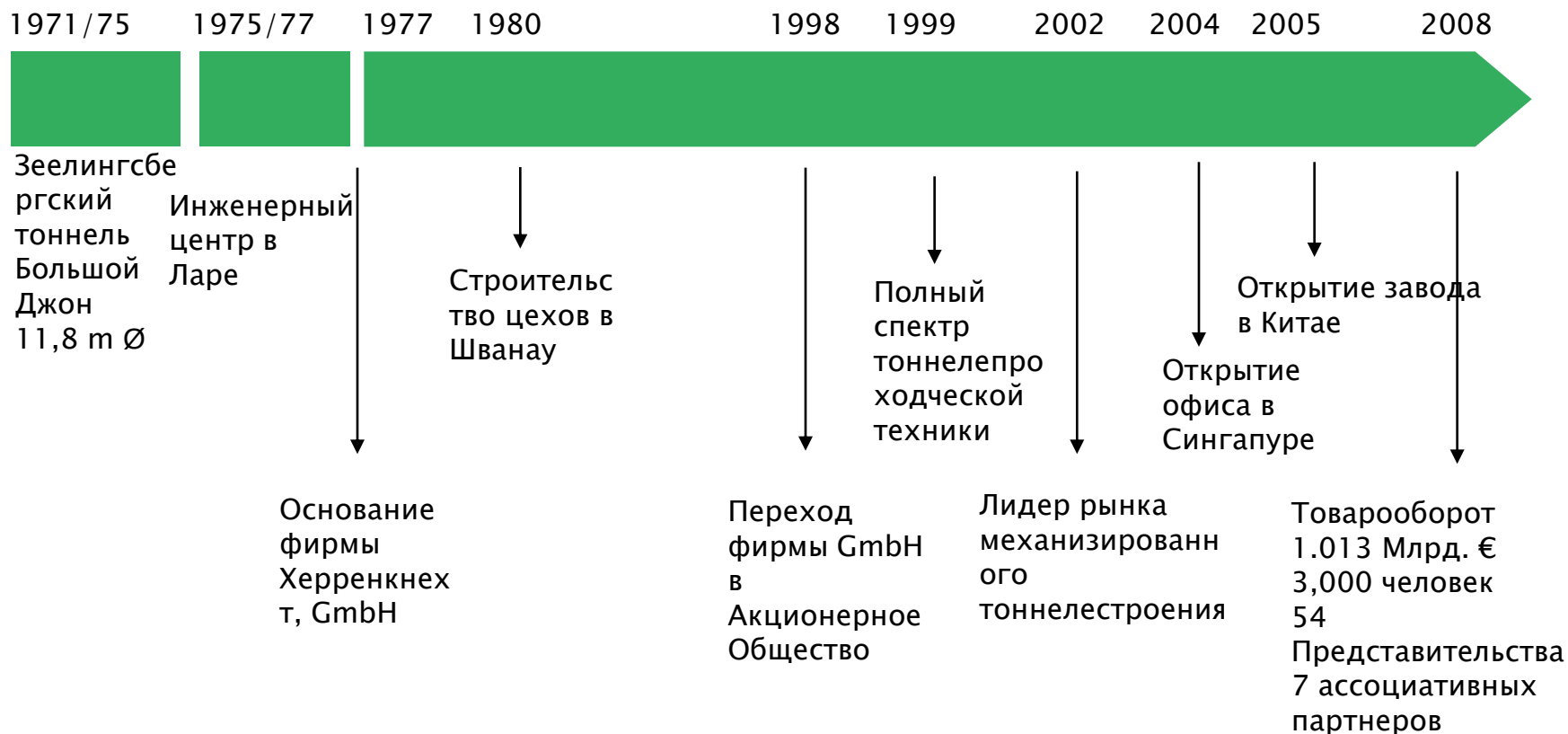
- Нефть
- Газ
- Геотермальная энергия

HERRENKNECHT GLOBAL.

HERRENKNECHT



MILESTONES: DEVELOPMENT OF THE COMPANY HERRENKNECHT.



Установки ГНБ производства Херренкнехт АГ



На
гусенич
ном
ходу



Установки ГНБ производства Херренкнехт АГ



На
колесном
ходу



Установки ГНБ производства Херренкнехт АГ



**Модульная
конструкция**



Вспомогательное оборудование



- Рециркуляция
- Узел
- Шламовый насос
- НВД
- Мобильный ключ
- Бентонитовый фильтр
- Стеллаж для труб
- Доталкиватель
- Штанги и инструмент
- Слесарный контейнер
- Трубы и шланги
- Генератор (запас 30% как минимум)



Содержание



- Особенности устройства трубопроводных переходов большого диаметра в сложных геологических условиях методом ГНБ.
 - Распределение осевой и тангенциальной нагрузки с применением доталкивателя. Снижение усилия установки и равномерность распределения нагрузки.
 - Проект перехода в Вологде. Диаметр 1420 длина 1000 м.
 - Проект перехода в Туркменистане. Диаметр 1420 длина 1750 м.
 - Технология Direct Pipe. Ускорение и снижение стоимости работ по устройству перехода. Технические особенности и граничные условия применения метода.
 - Примеры переходов трубопроводов через преграды с использованием этого метода.
-

Особенности устройства трубопроводных переходов большого диаметра в сложных геологических условиях



- Мягкий грунт – не значит «легкий»
- Нестабильные геологические формации увеличивают усилие тяги и порой ставят под угрозу успешность осуществления проекта
- Включения небольших валунов и крупного галечника могут преподнести неприятные сюрпризы
- Способ снизить риски –приложить к трубопроводу усилие у входа в скважину – **применить доталкиватель труб!**



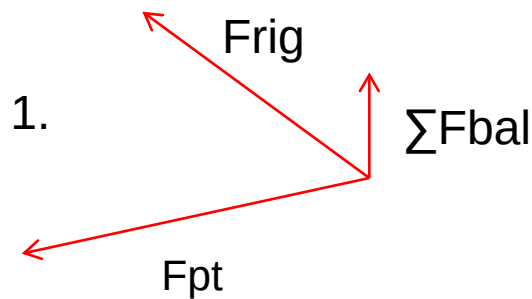
Распределение нагрузки

Каждый участок трубопровода подвергается воздействию нескольких сил при протаскивании – основные из них – это сила натяжения буровой колонны, сонаправленное осевое усилие доталкивателя, при этом существует сила всплытия трубопровода и вес плети на земле.

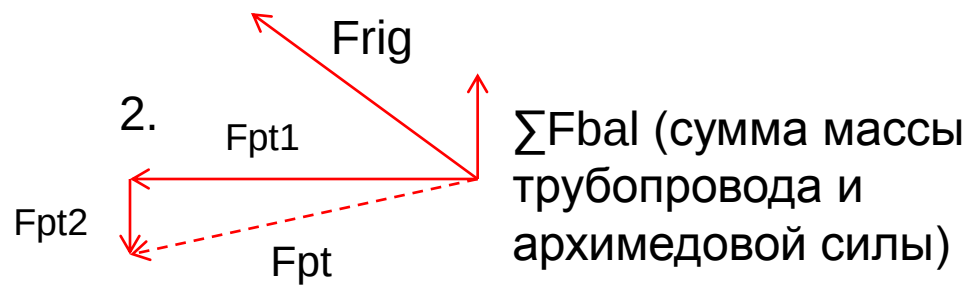
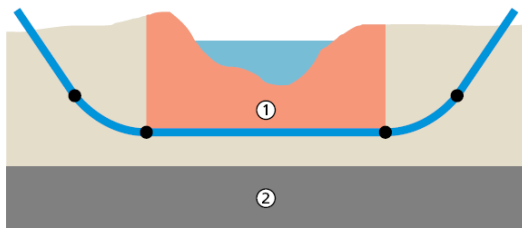


Распределение нагрузки

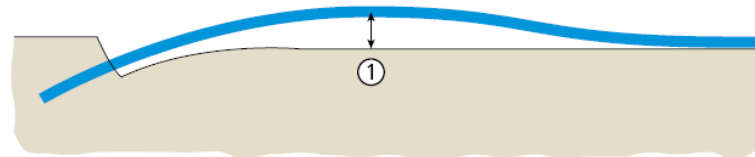
Распределение нагрузки на участке положительной плавучести



Вектор F_{pt} – направлен по касательной к дуге изгиба трубопровода. Его можно разложить на два вектора: F_{pt1} и F_{pt2} .



Векторы F_{pt2} и ΣF_{bal} разнонаправлены, а это значит, что образующая сила, направленная к верхнему своду скважины, снижается при применении доталкивателя на участках положительной плавучести.



Пересечение Амударьи в Туркменистане.



**Безопасное строительство самого большого
магистрального перехода в мире стало возможно
благодаря технологии Херренкнехт.**



Карабекаул | Туркменистан

НК250Т, НК400М,

Доталкиватель НК750 РТ

Геология: Супеси, песчаник,
Глина,

Проектная длина: 1,750m

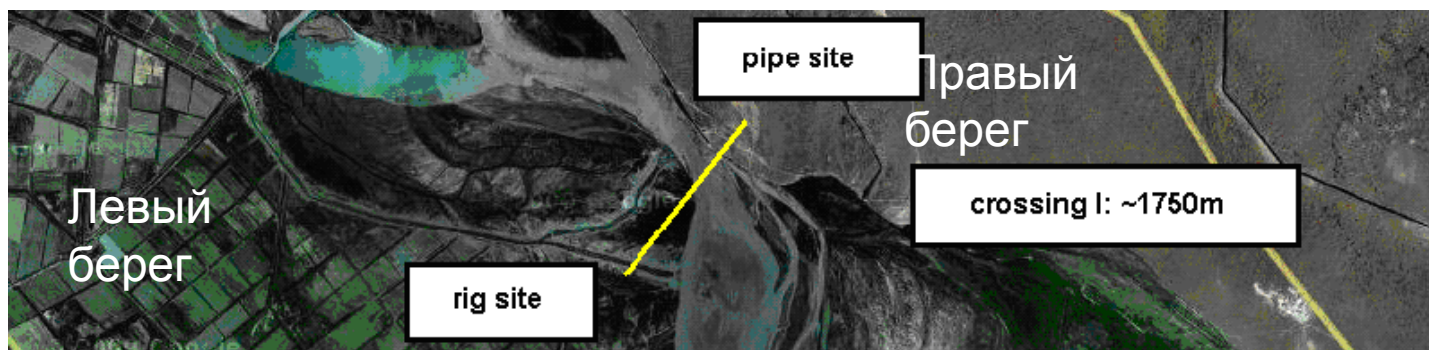
Заказчик: ГК «Туркменгаз»

Диаметр трубопровода: 56“
(1420 мм)

Пересечение Амударьи в Туркменистане.



- Стратегический газопровод Туркменистан – Китай диаметром 1420 мм соединяет основные газодобывающие районы Туркменистана, Узбекистана и Казахстана с китайской провинцией Хинжъянг.
- На начальном участке трубопровода –Малай-Багтыярлык трасса должна была пересечь р. Амударью. Русло реки изменчиво и это делало невозможным сооружение воздушного перехода.



Пересечение Амударьи в Туркменистане.



- Оборудование для пилотного бурения было доставлено в Туркменистан самолетом. Настолько велика была срочность выполнения проекта.



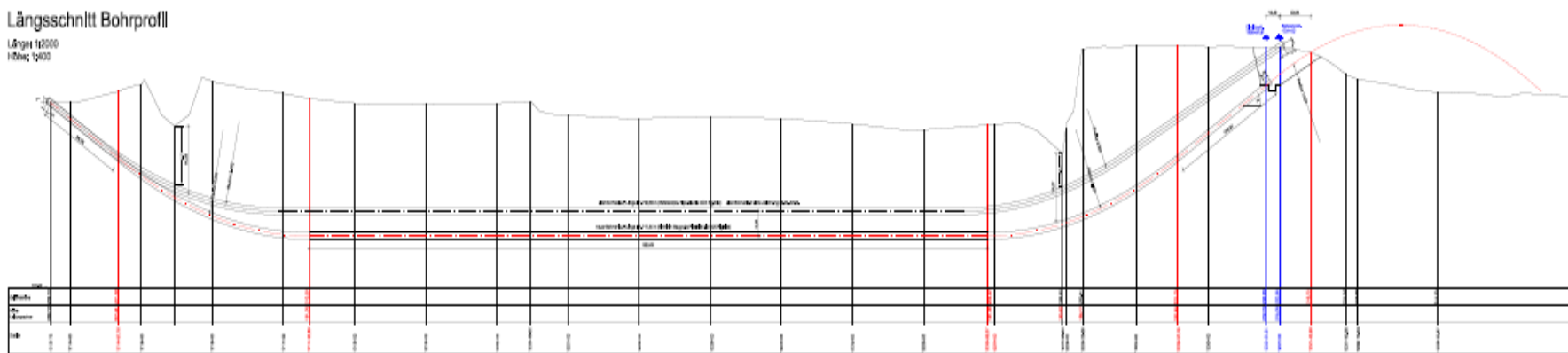
Пересечение Амударьи в Туркменистане.



- Проходка осложнялась рельефом дна реки и учитывая проектные геологические условия было принято решение соорудить котлован 18x8 м на правом берегу Амударьи
- Любой шаг строителей был тщательно рассчитан международной командой специалистов в области ГНБ.

Längsschnitt Bohrprofil

Längsschnitt
1:2000
1:2000





Пересечение Амударьи в Туркменистане.



- Горно-геологические условия неожиданно для всех оказались сложнее, чем было представлено результатами изысканий. Это вызвало необходимость пересмотра решений, принятых для реализации проекта ННБ изначально.
- При производстве работ по расширению с колонной работали две установки ННБ одновременно. Установка НК250Т – на правом берегу и установка НК400М, - на левом.
- Проходка велась с использованием трубы для возврата бентонита и для ее прокладки был устроен дополнительный переход диаметром 219мм. Позже труба могла быть использована для укладки кабеля связи.
- Третий переход диаметром 219 мм был простроен в качестве резервной ветки.
- Оборудование Херренкнехт позволило в сжатый срок построить три перехода под Амударьей, 2 x 219 мм и один -1420 мм.

Пересечение Амударьи в Туркменистане.



- Объем бурового раствора был настолько значительным, что его рециркуляцию требовалось проводить на обоих берегах одновременно.

Грамотно
подобранный
буровой раствор —
залог успеха
проекта.



Пересечение Амударьи в Туркменистане.



- Протягивание дюкера – самый ответственный этап строительства перехода
- Труба 1420 мм длиной 1800 метров была выложена на роликовые опоры



Пересечение Амударьи в Туркменистане.



- При протягивании дюкера решающую роль играет балластировка его в скважине
- Балластировка проводилась полиэтиленовой трубой 730 мм
- Вода подавалась в кольцевое пространство между полиэтиленовой и стальной трубой



Пересечение Амударьи в Туркменистане.



- Протягивание трубы осуществлялось установкой НК400М, при этом доталкиватель РТ750 выполнял роль «страховки»
- Его помощь могла понадобиться в случае возникновения нештатных ситуаций.



Пересечение Амударьи в Туркменистане.



- В феврале 2010 года строительство трех веток перехода было успешно завершено.
- Для трубопровода такого диаметра это был абсолютный мировой рекорд.
- Команда специалистов компаний Энергопереток и Херренкнехт работала в две смены без остановки и достигла своей цели – река перестала быть препятствием для транспорта газа.

Пересечение р. Сухонь. 1420мм – 980 м.



Пересечение р. Сухонь. 1420мм – 980 м.



- Зимние условия: температура воздуха опускалась ниже -25 градусов
- Наличие «галечника» с фракцией гранитных валунов до 80 см
- Балластировка методом частичного налива как вынужденная мера
- Возможность применения доталкивателя
- Доталкиватель прибыл на стройплощадку после ДТП

Пересечение р. Сухонь.

1420мм – 980 м.



Доставка доталкивателя прошла с осложнениями.
Ремонт оборудования пришлось производить в полевых условиях.



Пересечение р. Сухонь. 1420мм – 980 м.



Производство пилотной
скважины и
расширение велось с
применением
установки
производства
Херренкнехт АГ,
Первая 400 тонная
установка выпущенная
компанией
Херренкнехт 10 лет
назад

Пересечение р. Сухонь. 1420мм – 980 м.



На этапе последнего расширения труба была выложена на ролики и подготовлена к протяжке.

Пересечение р. Сухонь. 1420мм – 980 м.



В качестве
страхующего узла был
предусмотрен
доталкиватель труб
Производства
Херренкнехт АГ,
НК750РТ усилением
750Т

Пересечение р. Сухонь.

1420мм – 980 м.



На стройплощадках
линейной службы
сложно найти кран.
Монтаж 35-тонного
зажима производился
двумя
трубоукладчиками....
по-русски.

Пересечение р. Сухонь. 1420мм – 960 м.



Протяжка трубы
началась через
гидравлический зажим
доталкивателя, который
был уже смонтирован и
слегка приоткрыт

Пересечение р. Сухонь. 1420мм – 980 м.



Протяжка трубы
началась через
гидравлический зажим
доталкивателя, который
был уже смонтирован и
слегка приоткрыт

Пересечение р. Сухонь. 1420мм – 980 м.



На этапе протяжки
трубопровода
доталкиватель сообщал
осевое усилие
превышающее усилие
натяжения колонны.
Балластировка
производилась методом
частичного налива.

Пересечение р. Сухонь. 1420мм – 980 м.

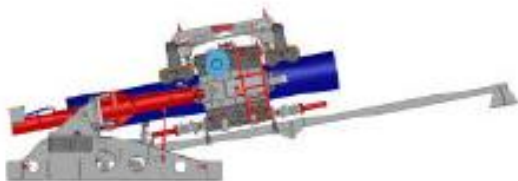


В марте 2012 года
протяжка дюкера
была успешно
завершена. Усилие
установки
составляло в
среднем 120 тонн, а
пиковое усилие
доталкивателя
составило около 200
тонн.

Ряд доталкивателей Херренкнехт АГ

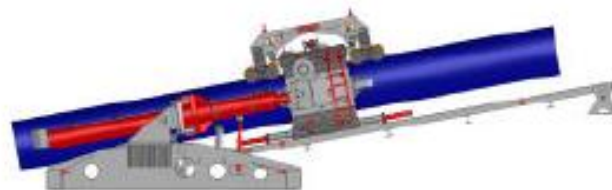


- Максимальная скорость выхода штока: 3 м/мин



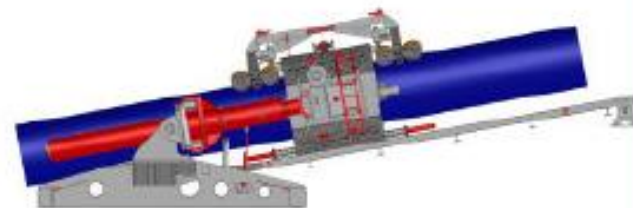
HK300PT

- Осевое усилие: 3.000 кН (300т)
- Максимальный диаметр трубы 36"



HK500PT

- Осевое усилие: 5.000 кН (500т)
- Максимальный диаметр трубы 48"



HK750PT

- Осевое усилие: 7.500 кН (750т)
- Максимальный диаметр трубы 60"

Тестирование изоляционного покрытия



Вставки с вулканизированным покрытием для защиты изоляции

e-on | Ruhrgas



Vogelsang

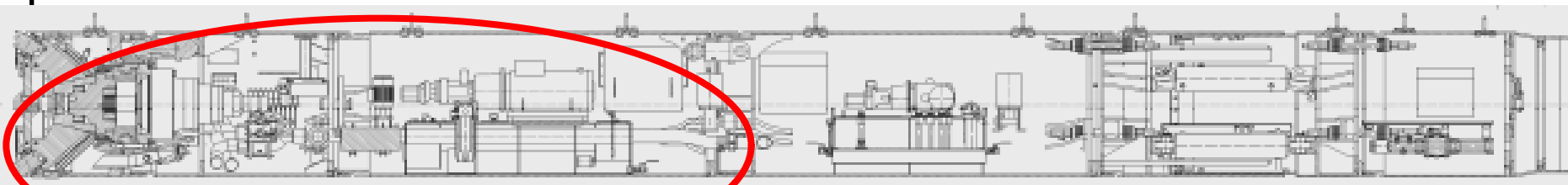
de la Motte & Partner GmbH
Beratung Planung Bauüberwachung



TDC
KUNSTSTOFFE

Direct Pipe® - Основные компоненты.

AVN1000XB Direct Pipe®



Рабочий орган

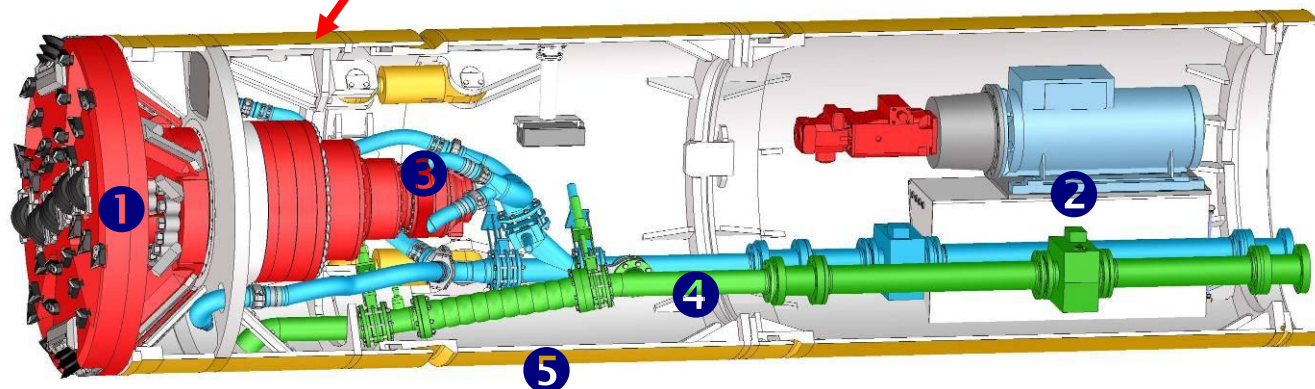
Агрегат для привода ротора

Агрегат для телескопической станции

Телескопическая станция

Конический переход

Труба



Машина с гидроприводом

① Рабочий орган. Подбирается по геологии

② Агрегат

③ Цилиндры управления

④ Подающая линия

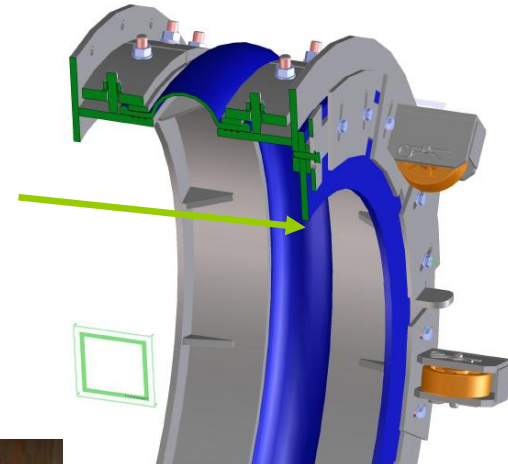
⑤ Транспортная линия

Шахтное уплотнение. Система смазки

Гибкое
уплотнение



Специальная
полипропиленовая
вставка



Шланг подачи
бентонита за
юбку
уплотнения.

DIRECT PIPE®- Машина на проекте в Вормсе, Германия



DIRECT PIPE® - Машина: Типы рабочего органа.



Скала

Валуны



Крупный гравий

Средний гравий

Мелкий гравий

Крупный песок

Средний песок

Мелкий песок



Супеси

Суг
лин
ки

Глина



— 10

— 1

— 10⁻¹

— 10⁻²

— 10⁻³

— 10⁻⁴

— 10⁻⁵

— 10⁻⁶

— 10⁻⁷

— 10⁻⁸

— 10⁻⁹

— 10⁻¹⁰

— 10⁻¹¹

— 10⁻¹²



**Скальны
й**



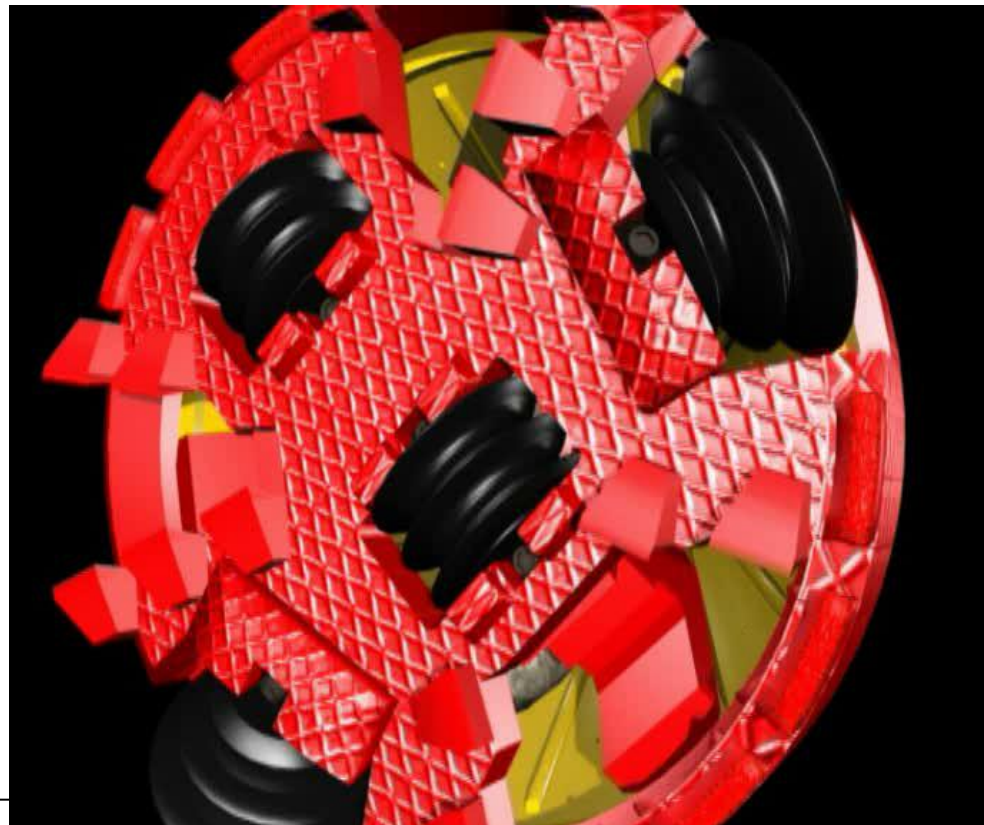
**Смешанн
ый**



**Мягкий
грунт**

DIRECT PIPE® - Преодоление геологических преград.

Режимы функционирования рабочего органа и конусной дробилки.

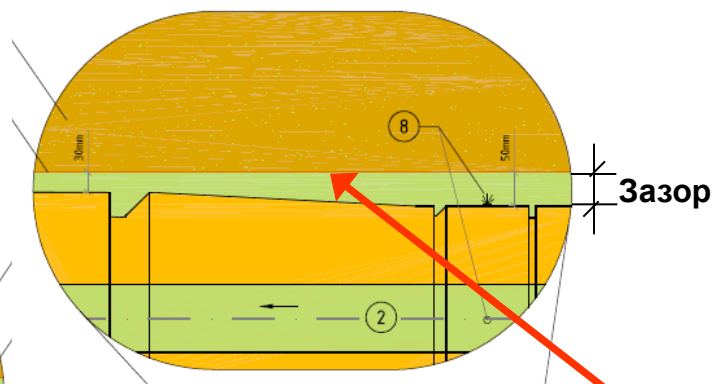
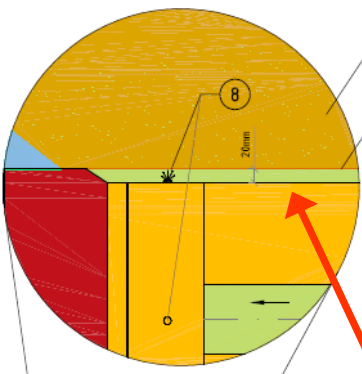


Система смазки бентонитом.

Различные способы доставки бентонита в затрубное пространство

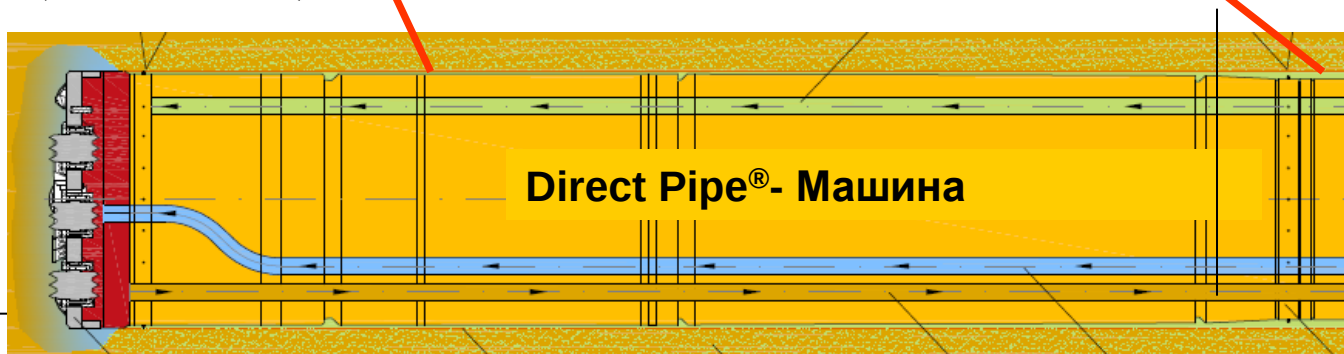


1. Форсунки в трубе машины

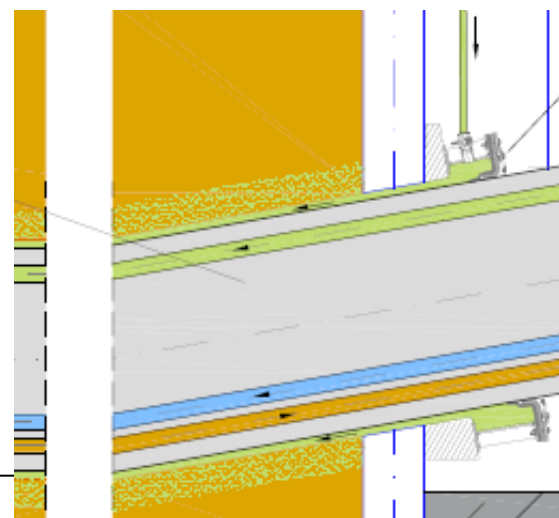
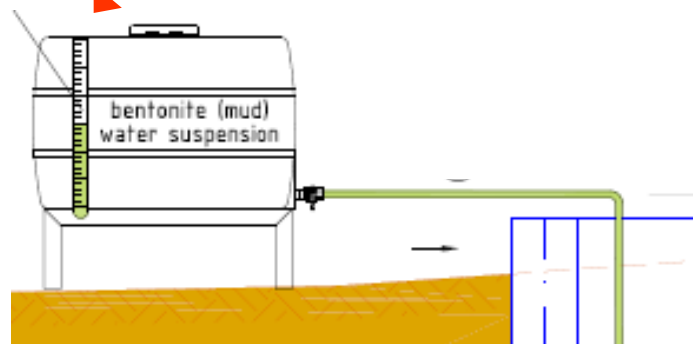


2. Смазочное кольцо в хвостовике машины

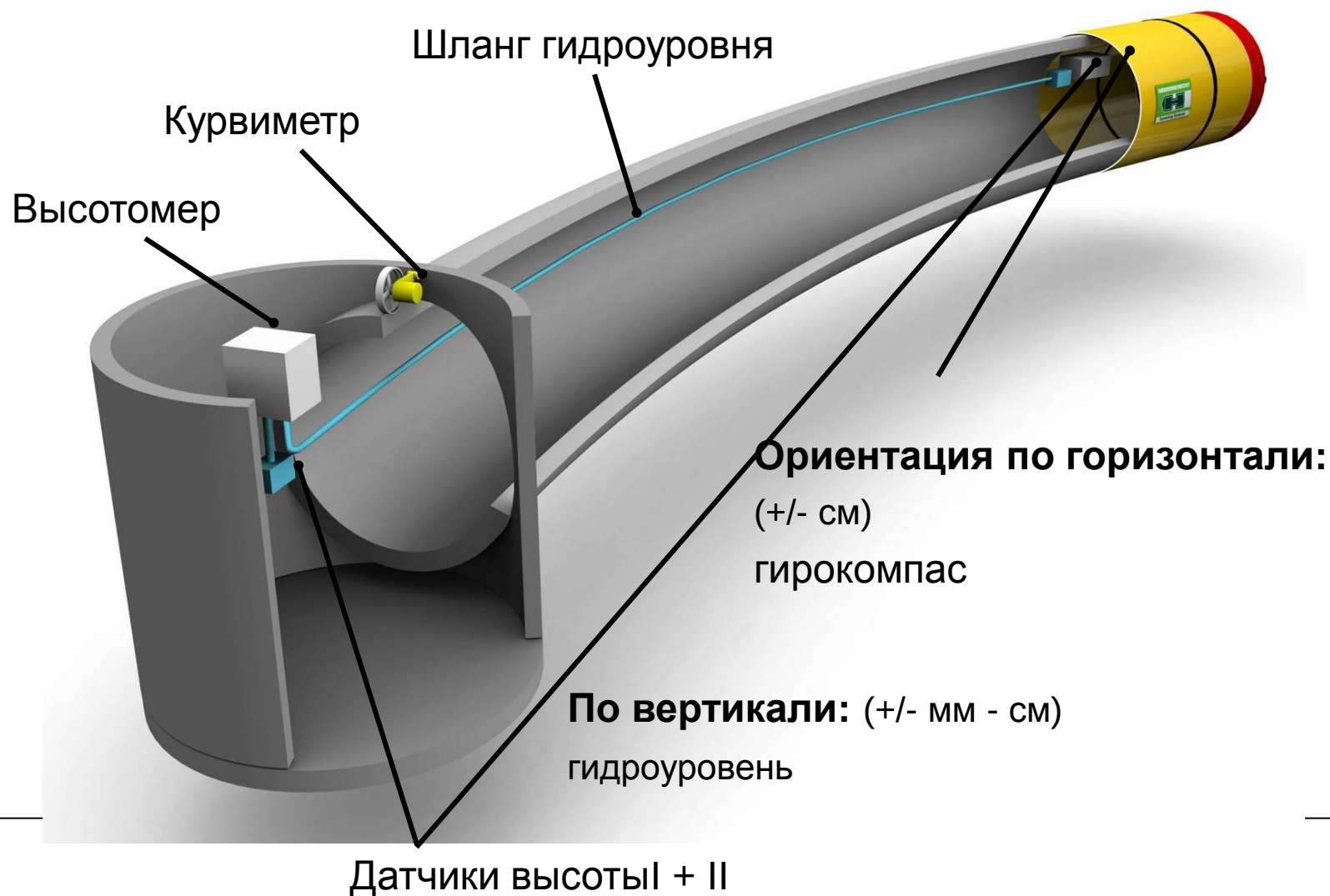
Direct Pipe®- Машина



3. Резервуар для заправки бентонита за юбку стартового уплотнения



DIRECT PIPE® - Система навигации.



Список проектов

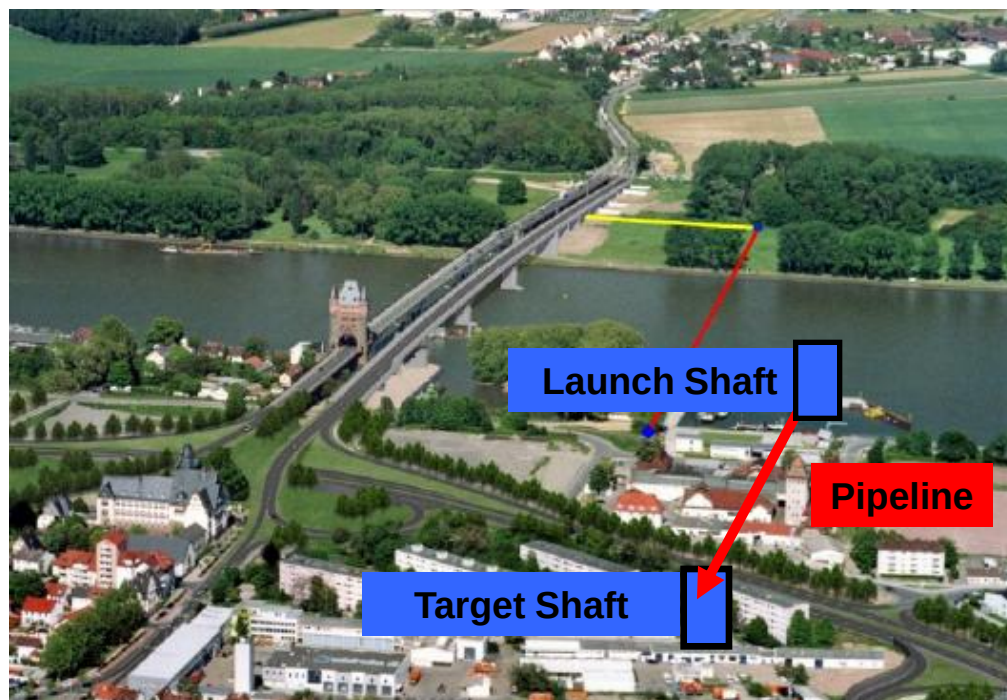
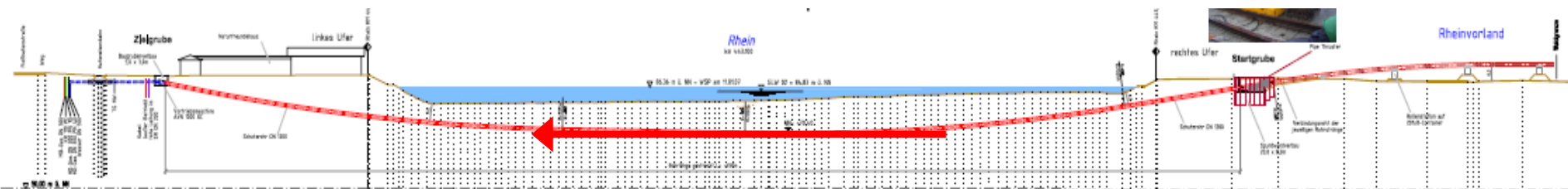


Reference list of Direct Pipe® - Projects



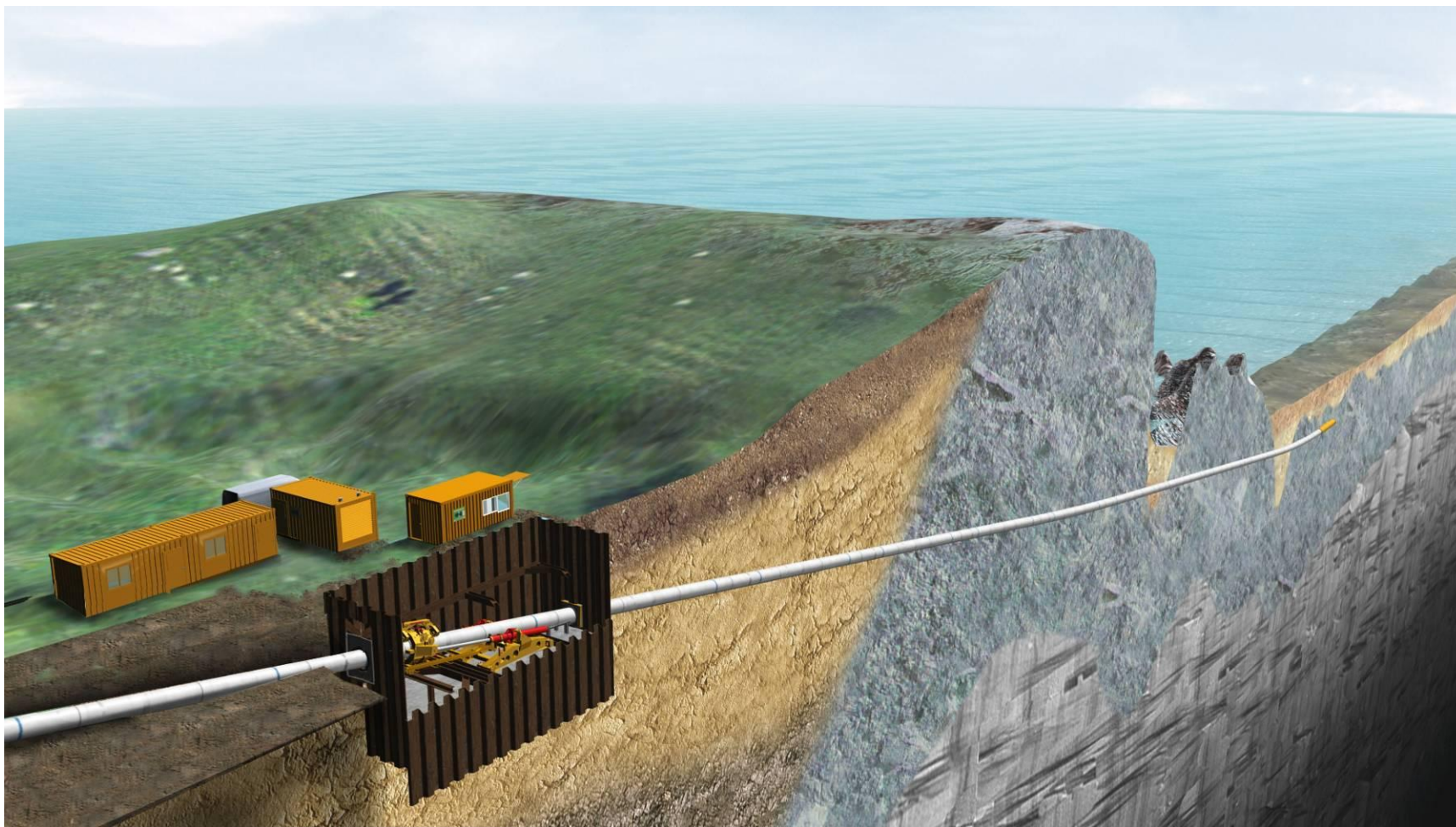
No.	Project	Country	Pipe - Ø	Drilling Length [m]	Max. Pipe section length [m]	Geology	Coating	Construc. Company	Client	Date	Max. Advance Rates / Duration
1.	Rhine Crossing in Worms	Germany	48"	464	90	sand, gravel, clay	none	Sonntag	EWR	Autumn 2007	12 days (incl. 5 coupling processes)
2.	Brine Outlet in Rysum (near Emden)	Germany	48"	283	36	sand, clay, stones, wood	PE	Meyer & John	EWE	Summer 2009	36m in 4 hours (= 9 m/h)
3.	Pipeline Angerlo-Beuningen (Crossing "Mermsestraat")	Netherlands	48"	362	230	sand, gravel	PP	A.Hak Drillcon	Gasunie	March - April 2010	5 days (incl. 1 coupling process)
4.	Pipeline Angerlo-Beuningen (Crossing "Valburg M & R")	Netherlands	48"	435	435	sand, gravel, wood	PP	A.Hak Drillcon	Gasunie	Mai - June 2010	71m in single shift of 10 hours (= 7 m/h)
5.	Expans.Project Phase VIII ("Highway 70 Southeast" Crossing) in Arcadia/Florida	USA	30"	224	224	sand, clay, coral, shell	FBE	REM Directional Inc.	Florida Gas Transmissi on	August 2010	3 days; 80m in single shift of 10 hours (= 8 m/h)
6.	Hartelkanaal Crossing in the harbour of Rotterdam	Netherlands	48"	545	54	sand, clay, wood	PP	A.Hak Drillcon	Gasunie	Aug.- Sept. 2010	16 days (incl. 9 coupling processes)
7.	Pipeline Ommen-Angerlo (1. Crossing of railway line "Zwolle-Almelo")	Netherlands	48"	516	516	sand, gravel, loam	PP	A.Hak Drillcon	Gasunie	Oct. - Nov. 2010	8 days; 92m in single shift of 10 hours (= 9 m/h)
8.	Pipeline Ommen-Angerlo (2. Crossing of railway line)	Netherlands	48"	540	540	sand, gravel, loam	PP	A.Hak Drillcon	Gasunie	Dez. 2010 & Jan. 2011	124 m in 10 hours
9.	Highway 39 / Keysville Road in Plant City, Florida	USA	36"	119	119	sand, clay, coral, shell	FBE	REM Directional Inc.	Transmissi on	Jan. 2011	5 day shifts
10.	Collier Parkway Crossing in Land O Lakes, Florida	USA	36"	226	226	sand, clay	FBE	REM Directional Inc.	Transmissi on	Jan. - Febr. 2011	11 days incl. 102m pullback machine & change cutting head
11.	Pipeline Ommen - Esveld, Crossing in Lochem	Netherlands	48"	1.400	500	sand, gravel, loam	PP	A.Hak Drillcon	Gasunie	March 2011	16 days incl. 2 coupling process & setup of second Pipe Thruster); 120 m in 12h - 230m in 24h (19.03.2011)
12.	Pipeline Poggio Renatico - Cremona; "Scolo Riolo" Crossing	Italy	48"	394	200	clay, little sand	PE	ICOP spa.	SNAM	April 2011	15 days (including 1 coupling process & 1 weekend)
13.	Pipeline Poggio Renatico - Cremona; "Desolo" Crossing	Italy	48"	550	300	clay	PE	ICOP spa.	SNAM	Mai 2011	IN OPERATION - Starting on 16.05.2011

Первый проект DIRECT PIPE – Вормс, Германия

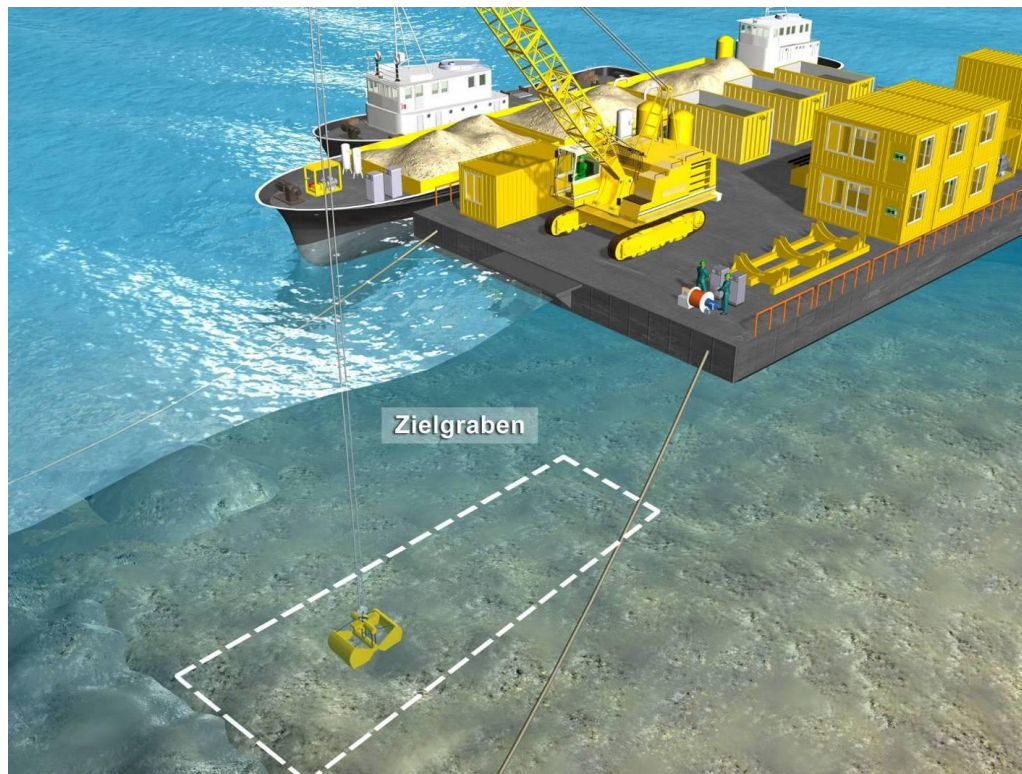


- Длина: 464 м
- Диаметр: 1200 мм / 48"
- Перекрытие: 3 м / 10 м
- Давление воды: макс. 1,5 бар

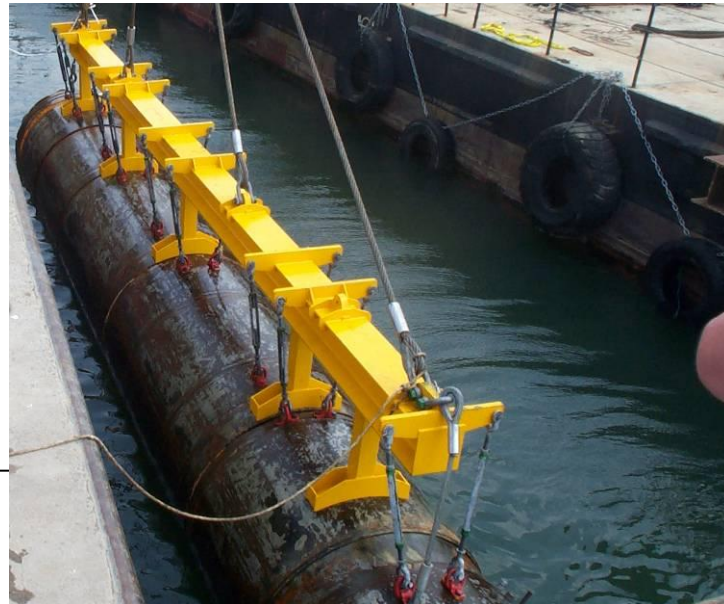
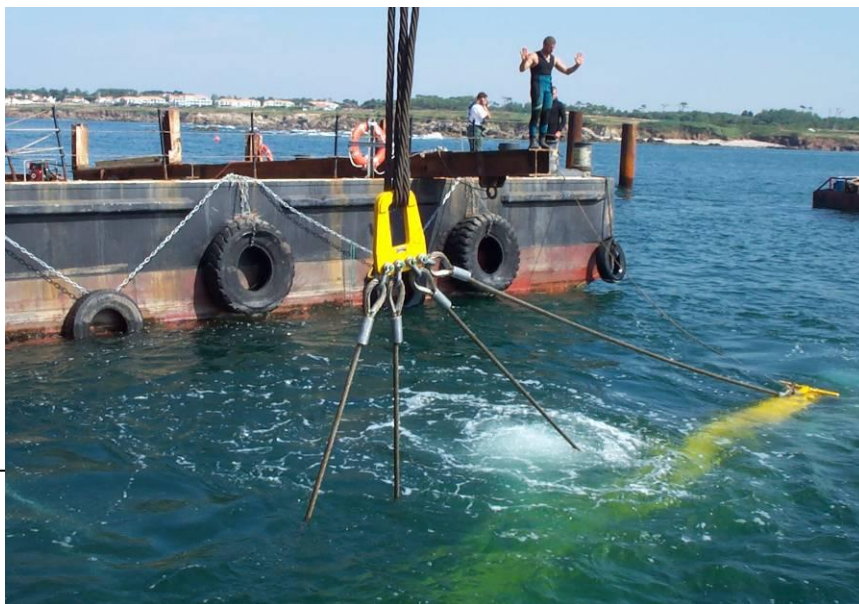
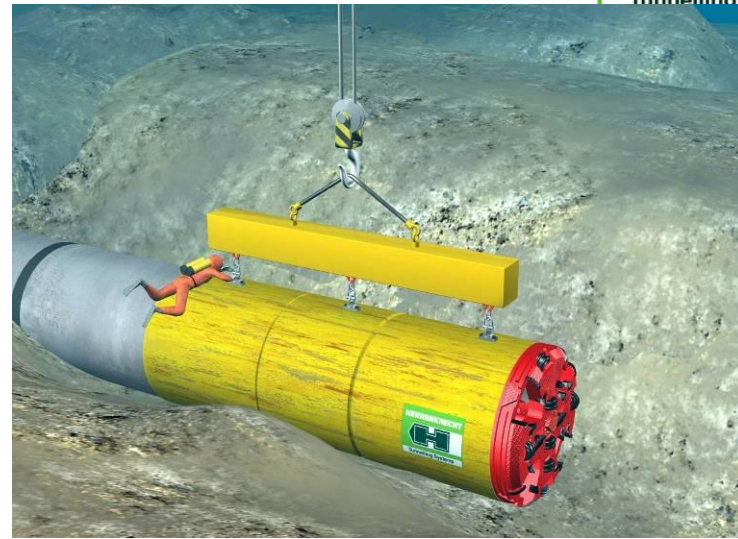
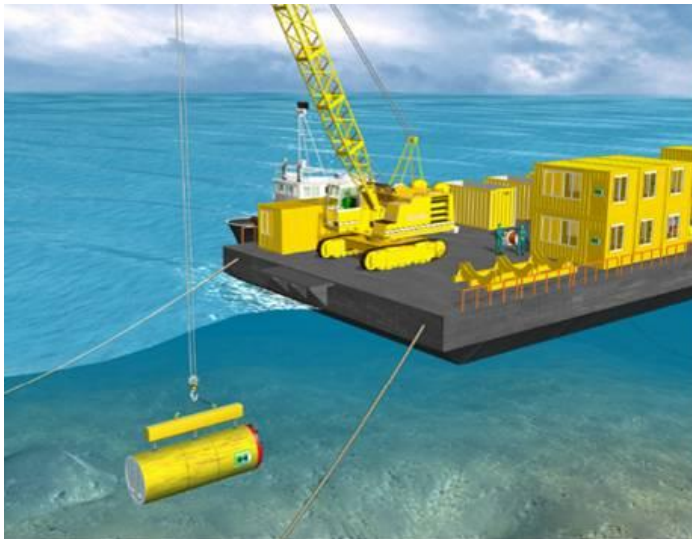
DIRECT PIPE® - Выход в море



Демонтаж машины без приемного котлована



Демонтаж машины без приемного котлована.



Второй проект: “Брайн” Эмден, Германия.

HERRENKNECHT

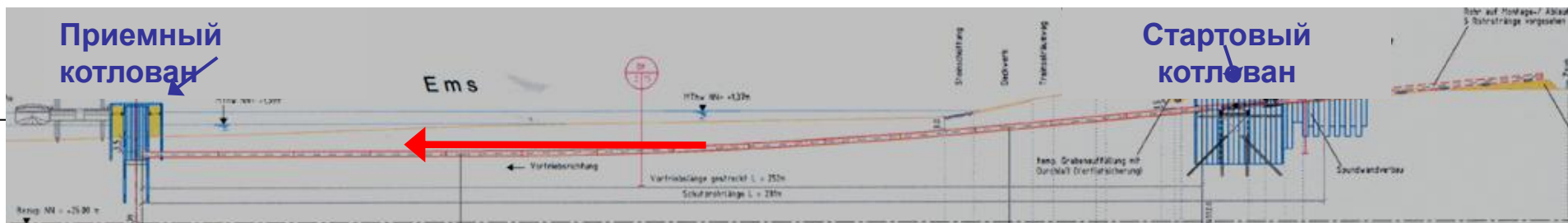


- Общая длина: 283 м;
- Диаметр: 48" (1,220 мм);
- Радиус: 1.400 м;
- Геология: песок, супеси, дерево, валуны

- Длина секций трубы: 36 м
- Покрытие; ПЭВП
- Перекрытие: 2,5 м
- Давление воды: 1,5 бара

Приемный
котлован

Стартовый
котлован



Первый газопроводн ый проект в Недерландах



- Длины проходок: 371м - 442м.
- Геология: песок гравий & дерево.
- Переход под археологическим памятником и сельхоз. предприятиями.
- Подрядчик: A.Hak Drillcon (Недерланды).
- Газопровод- Ø 48" (1.219 мм). Радиус: 1.400 м.
- Покрытие: ПЭ (толщина 6-9 мм).
- Макс. Скорость проходки 4-й переход: 72 м за 12 ч.
- Время на третий переход: 5 дней (при работе в две смены).

Оборудование в стартовом котловане



Стройплощадка



Диаграмма темпов проходки на 3-м проекте



Прием машины

HERRENKNECHT



5й Проект во Флориде, США

- Длина: 225 м.
- Геология: песок глина ракуш-к.
- Уровень воды: около 9 м.
- Газопровод- Диаметр: 30" (762 мм).
- Покрытие: Повышенной прочности AR (Эпоксидное).
- Переход под дорогой и двумя небольшими каналами.
- Подрядчик: REM Pipeline Services Inc.
- Радиус: 1.800 м //// Угол входа: 6° / угол выхода: 5°.
- Максимальная скорость проходки: 80 м за смену.



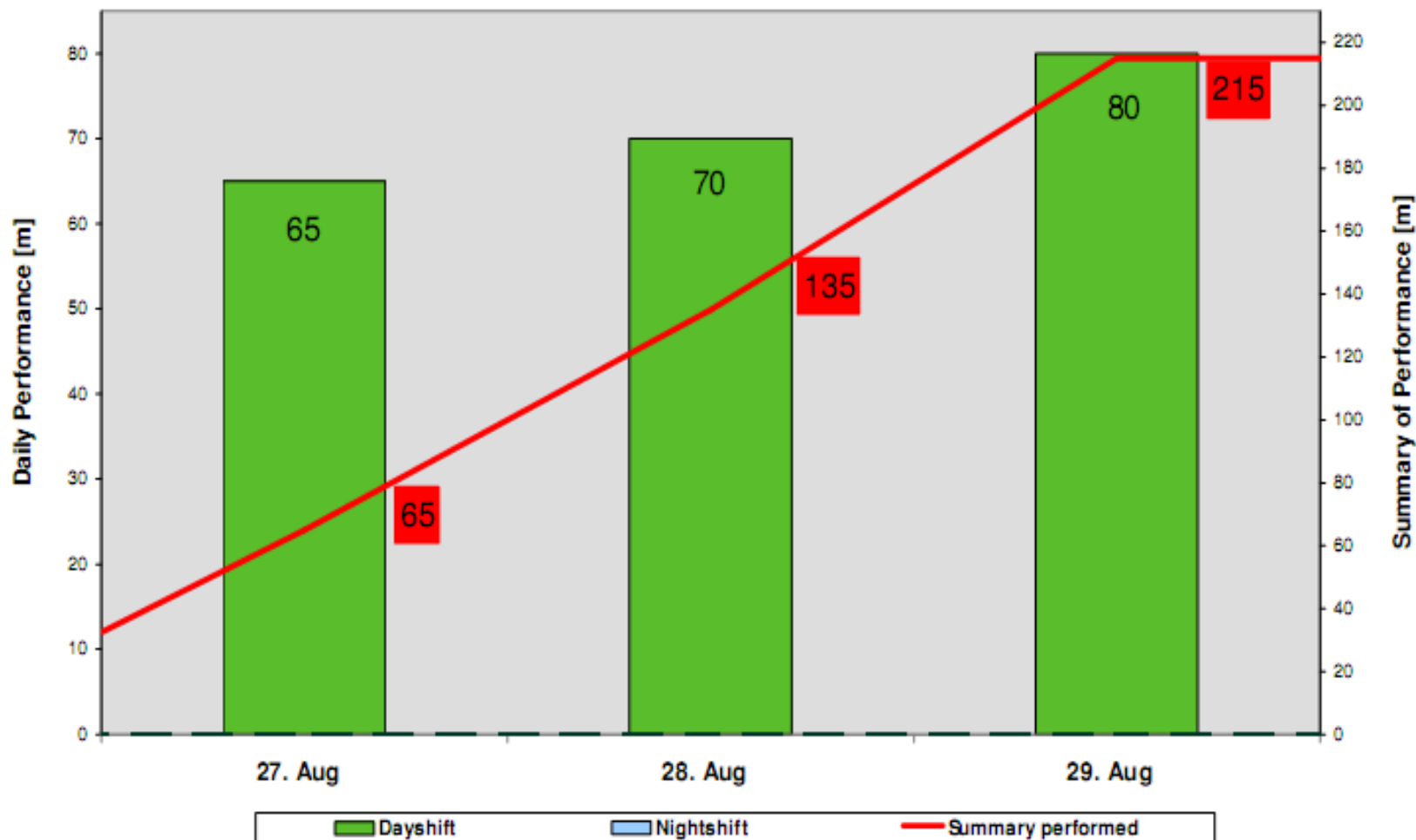
Стройплощадка у стартового котлована.



Оборудование в сборе DIRECT PIPE®



Диаграма темпов проходки, Флорида.



Максимальная скорость: 262 фута за день (= 80 м) за одну смену.

**Прием машины на
противоположной стороне через
три дня.**



7й DIRECT PIPE - проект “Переход под ЖД Цволе-Альмео” в Раатле, Недерланды (516 метров)



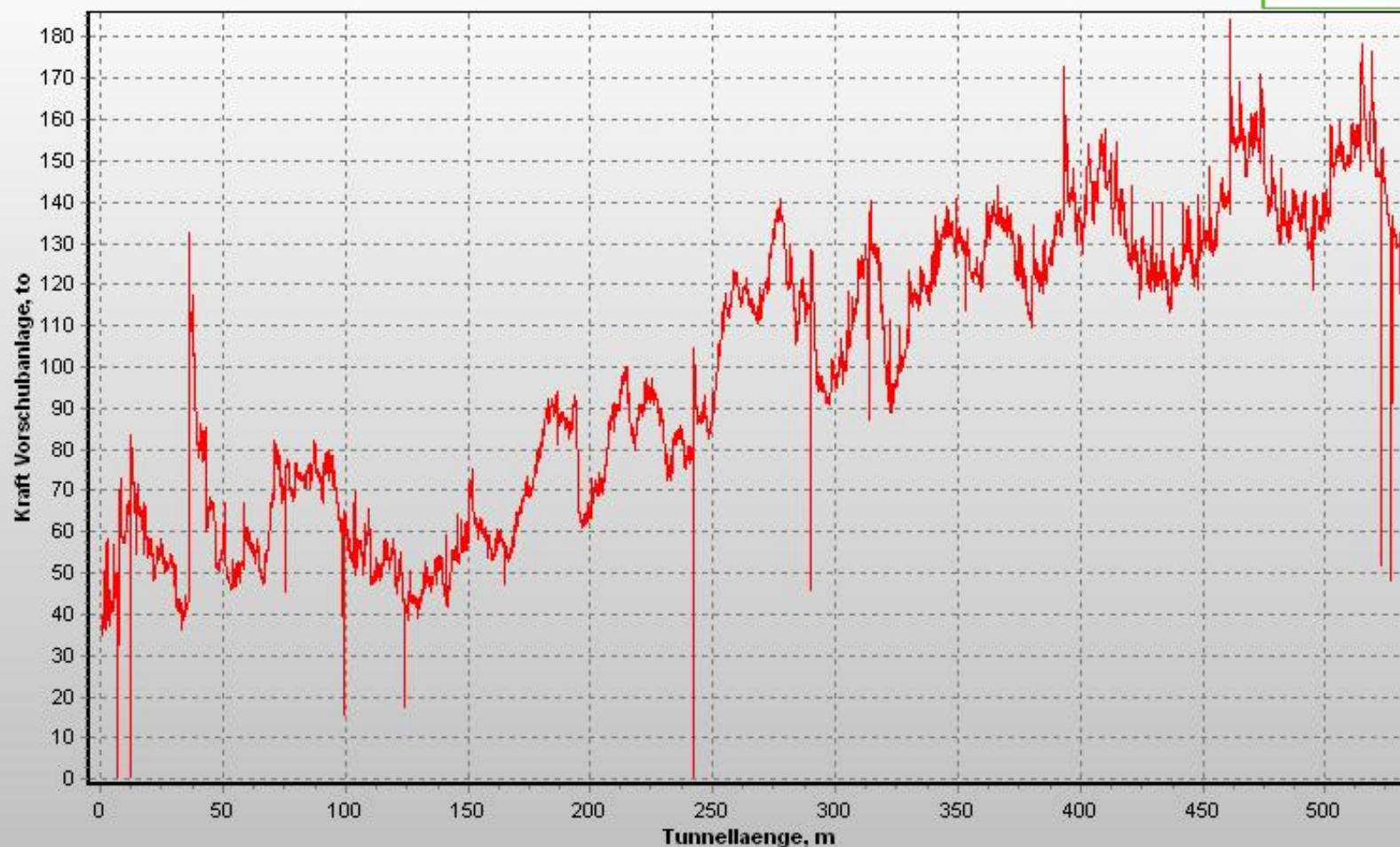
- Первый переход под ЖД веткой- с перекрытием 15 м (= 50 футов).
- Заказчик: N.V. Nederlandse Gasunie (Голандский поставщик газа).
- Подрядчик: A.Hak Drillcon.
- Геология: Песок и мелкий гравий.
- Газопровод- Ø 48“ (1,220 мм).
- Длина: 516 м (= 1,693 фута).
- Покрытие: ПЭ.
- **Макс. Скорость проходки:**
92 м за десять часов
≡ 9 м/ч.



Стройплощадка. Машина и доталкиватель.

HERRENKNECHT





11^й DIRECT PIPE проект. 6^й Проект в Недерландах

- Длина: 1.400 м
- Плеть: 3 x 500 м
- Подрядчик: A.Hak Drillcon.
- Заказчик: N.V. Nederlandse Gasunie
(Голандский поставщик газа).
- Геология: песок, мелкий гравий, глина.
- Газопровод- Ø 48" (1.220 мм).
- Покрытие: ПЭ.
- Скорость проходки:
120 м за смену 12 часов
≡ 10 м/ч.
- 230 м за один день (19.03.2011)

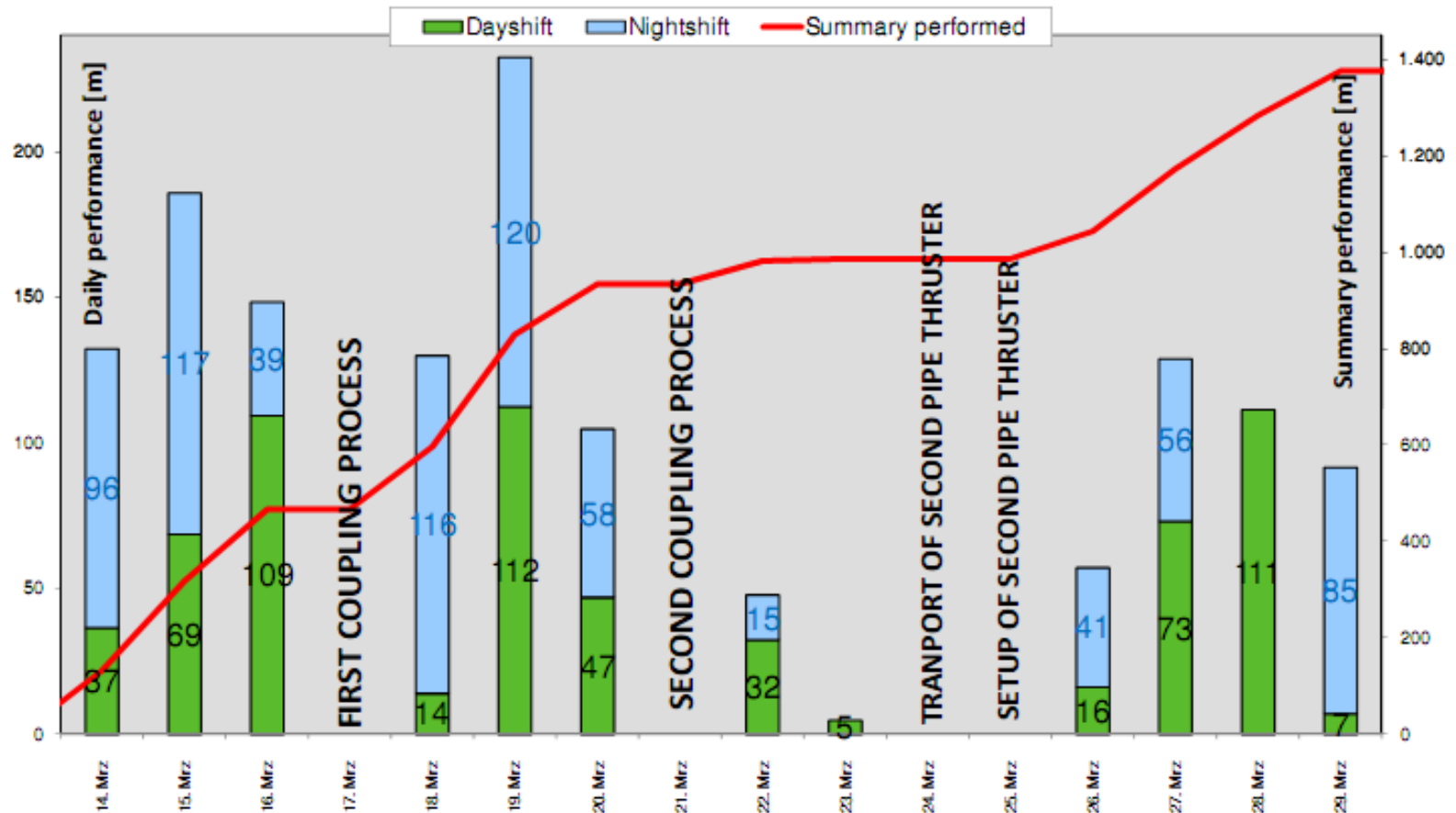


Установка дополнительного доталкивателя НК500РТ по оси

HERRENKNECHT



Диаграмма темпов проходки 1.400 м .



Преимущества метода DIRECT PIPE®



- Проходка в один прием → **экономическая эффективность**
- Не тратится время на соединения секций труб → **доп. экономия**
- Меньший диаметр замещения грунта по сравн. с ГНБ
→ Меньше породы, меньше бентонита → **экономическая эффективность**
- Работа с одной стороны → идеально для выходов в море → **экономическая эффективность**
- Подбор раб. органа под геологию → **минимальный геологический риск**
- Постоянная поддержка забоя
→ **Минимизация рисков** → меньше бентонита
→ **экономическая эффективность и экологическая безопасность**
- Возможность извлечения из машины и трубопровода – в случае встречи непреодолимых препятствий → **минимизация геологического риска**

Техническое сравнение ГНБ, Микротоннелирования.& Direct Pipe для установки трубопровода 48"



Критерии оценка	Тоннелирован ие (with casing concrete pipe ID = 2 m)	HDD	Direct Pipe
Геология:			
Мягкая геология, песок, супеси, глина	Просто	Просто	Просто
Нестабильная геология: Гравий валуны, трещеновая скала	Средняя сложность	Высокая сложность	Средняя сложность
Скала: Твердая скала, UCS: 50-100 МПа	Просто	Средняя сложность	Средняя сложность
Скала: Очень твердая скала, UCS: 100-200 МПа	Средняя сложность	Высокая сложность	Средняя сложность
Параметры проходки:			
Максимальная длина	1.500 м	1.730 м	1.400 м
Диаметр	2.470 мм	1.676 мм	1.340 мм
Необходимый объем грунтозамещения	~ 4 x диаметра трубы	~ 2 x диаметра трубы	~ 1,2 x диаметра трубы
Перекрытие под дном реки или канала	2 x Ø трубы min. 2 м	10 x Ø трубы min. 5 м	2 x Ø трубы min. 2 м
Минимальный радиус бурения	~ 1.200 м	~ 1.200 м	~ 1.200 м
Укладка трубы:			
Непосредственная укладка плети в скважину (стальные трубы с защитным покрытием)	Высокая сложность	Просто	Просто
Сварка и контроль сварных соединений	Невозможно	Возможно	Возможно

Граничные условия– Критерии оценки.

Цифры указанные ниже усредненные и могут отличаться от проекта к проекту!



- Диаметры трубопровода: 30", 36", 42", 48", 56", 60"
- Длины: в зависимости от диаметра и геологии
30" = макс. 250м (с AVN600 Direct Pipe®)
36" = макс. 250м (с AVN800B Direct Pipe®)
42" = макс. 500м (с AVN800A Direct Pipe®)
48" = макс. 600м (с AVN1000 Direct Pipe®) – завешен проект 2011г : 1.400m !!
56" – 60" = макс. 800м (с AVN1200 Direct Pipe®)
- Геология: Глина, суглинки, песок, гравий, галька и валуны
Скала (до 150 МПа)
- Необходимое перекрытие: по методу микротоннелирования
(рекомендованный минимум 2,5 x OD машины)
- Рекомендованный радиус:
Минимальный радиус изгиба трубы
(зависит от диаметра и толщины стен)
- Давление воды: до 3 бар

Награды.

Технология безостановочной проходки получила награду ISTT - NO DIG AWARD 2008 в 2008 в Москве.



Первый приз IPLOCA
CONVENTION
2009 в Сан Франциско.



5 высших наград на
выставке
HERMES 2008
В Гановере.



HERMES
A W A R D
2 0 0 8

Спасибо за внимание!

