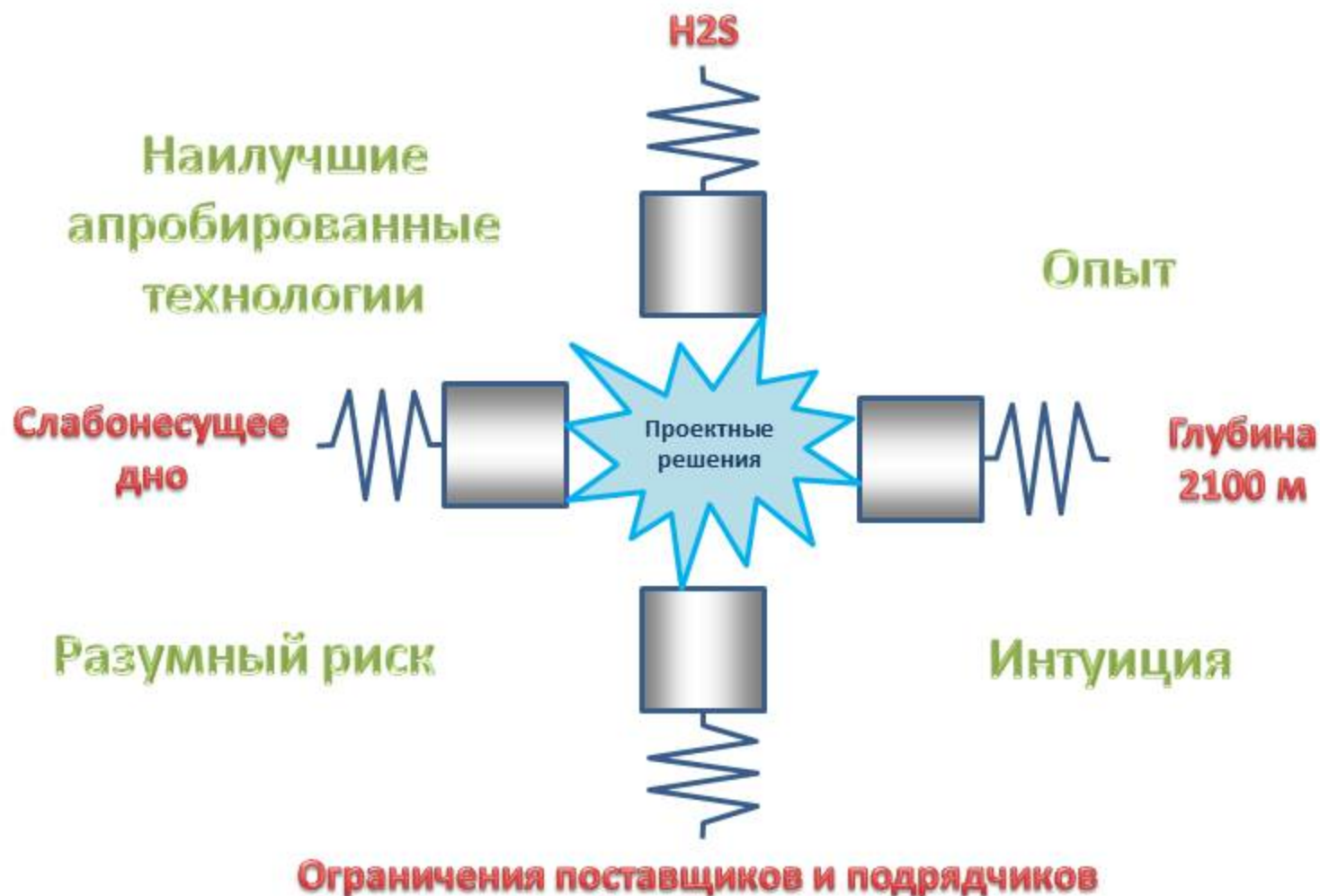


Технические вызовы и их преодоление при строительстве морских трубопроводов

А.Н. Блинков

Доклад на семинаре по изучению истории нефтегазовой
отрасли в рамках VII Петербургского международного
Газового форума
6 октября 2017 года

Технические вызовы проекта Blue Stream, что им противопоставлено?



Тесты показывают, что трубопровод может целиком погрузиться в илы

P. gaz B.V. Blue Stream Project
Detailed Geophysical Survey for the Route Selection of
Djughba to Samsun Submarine Gas Pipelines - Mare Oceano Pipe Settlement Test Report

3. PIPE SETTLEMENT TEST RESULTS

A general overview of the settlement test results are listed in the table below:

Test	Easting	Northing	KP	OFTR	Depth	Settlement	Comments
PS-1a	312812	4588781	367.425	-519	90	53-55%+	Relatively firm sediment
PS-1b	312816	4588762	367.436	-537	90	50-65%	Relatively firm sediment
PS-2a	323362	4602413	349.868	-8	267	125%	Soft sediment, rapid burial
PS-2b	323367	4602442	349.848	+13	267	120-125%	Soft sediment, rapid burial
PS-3a	323147	4601556	350.520	-595	239	120%	Soft sediment, rapid burial
PS-3b	323146	4601531	350.542	-617	238	110-120%	Soft sediment, rapid burial
PS-4a	337565	4611554	332.908	-467	291	100%+	Long Term, gradual burial
PS-5a	343336	4615485	326.001	-402	758	30-70%	On slope, pipe slides 1-2m gradual burial differential
PS-5b	343330	4615435	326.033	-440	756	80-100%	On slope, pipe slides, 11m, gradual burial differential
PS-6a	365141	4671920	262.899	-2	1967	100%	Slow gradual burial
PS-6b	365152	4671916	262.898	-14	1967	100%+	Slow gradual burial
PS-7a	384866	4720469	210.496	-7	2116	90%+	Soft undulating seabed, gradual burial, slight slide
PS-7b	384875	4720489	210.474	-7	2116	100%+	Soft seabed, gradual burial, slid down dune?

The appendix also contains the ROV dive logs, geophysical records from previous surveys which correspond to the settlement test locations and bathymetric charts of certain locations. These charts are for visual reference only, the data is from un-calibrated, single run SeaBat data.

Консервативный сценарий принят лучше тестов, но даже в этом случае трубопровод не достигнет проектной производительности!

Blue Stream The Russia to Turkey Submarine Gas Pipelines Across the Black Sea
Hydraulics Analysis, Rev. 0

Table 3.9: Burial Model

Section	Russian Onshore	Russian Nearshore		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Turkish Nearshore		Turkish Onshore	
Distance Range (km)	0	1.05	2.45	3.27	64.63	276.18	307.81	335.11	339.31	342.18	346.19	355.63	367.78	382.19	382.90	388.64	
	to 1.05	to 2.45	to 3.27	to 64.63	to 276.18	to 307.81	to 335.11	to 339.31	to 342.18	to 346.19	to 355.63	to 367.78	to 382.19	to 382.90	to 388.64	to 389.54	
Burial Depth (m)	Predicted	2.61	1.75	0.609	0.609	0.8	0.609	0.65	0.2	0.55	0.25	0.75	1.10	0.70	0.7	2.75	2.61
	30%	--	--	0.792	0.792	1.04	0.792	0.845	0.26	0.715	0.325	0.975	1.43	0.91	0.91	--	--

Note: Burial depths are from the bottom of the pipeline

Table 5.2: Summary of Pipeline Size Verification Analyses

Design Case	Burial Condition	Gas Flowrate (BSCM/yr)	Environment	Inlet Temp. (°C)	Inlet Pressure (MPa)	Outlet Pressure (MPa)	Outlet Temp. (°C)
2	Predicted	8	Winter	38	20.24	5.40	-11.2
2	Predicted	8	Summer	38	20.25	5.40	-11.0
2	+30%	8	Winter	38	21.90	5.40	-16
2	+30%	8	Summer	38	21.90	5.40	-16

Интуиция сработала, риск оправдался! Вместо проектных 23.57 имеем 30 млн.м3 куб./сутки.



ОТКРЫТОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО "ГАЗПРОМ"
(ОАО "ГАЗПРОМ")

ПРОТОКОЛ

совещания у заместителя Председателя Правления
о результатах летних газодинамических испытаний на максимальную производительность
морской части «восточной нитки» газотранспортной системы «Голубой поток»

Повестка:

О результатах летних испытаний.

*Докладчик – Мэри Орнелла – технический специалист «Сайтем Энерджи Сервисез» -
обеспечение бесперебойной подачи газа;*

При обсуждении отмечено:

Текущая пропускная способность ниток газопроводов при соблюдении проектных ограничений по давлению и температуре газа превышает проектный уровень. «Летние» испытания «восточной нитки Е1» позволяют оценить пропускную способность каждой нитки на уровне 29,5 - 30 млн. м3 куб./сутки, что объясняется компанией «Сайтем Энерджи Сервисез» улучшением теплообмена труб Е 1 и W 2 по отношению к заложенному в проекте в связи с иными условиями заглубления.

Nord Stream – пример кропотливой оптимизации конструкции: 2005-2008

Дата представления варианта	Кто внес вариант	Наименование варианта	Расположение компрессорных станций			Телескопическая конструкция	Промежуточная сервисная платформа	Подводный крановый узел	Диаметр, мм/дюймы	Давление, бар		Вес, тыс. т	Снижение металлоемкости, тыс. т
			Выборг	Морская	Грайфсвальд					на входе	на выходе		
май.99	NTG	Вар. 3	да	нет	да	нет	нет	нет	1000/40	200	70	2393,5	
май.05	WINGAZ	Сцен. 4	да	да	нет	нет	в сост. пл.	нет	1050/42	220	100	1998,0	395,5
мар.06	ГСГ	Вар. 1	да	нет	да	нет	нет	нет	1200/48	210	70	2468,0	-470,0
авг.06	Согл. акц.		да	нет	нет	нет	да	нет	1200/48	200	60	2349,4	118,6
дек.06	ГСГ/ИНТАРИ		да	нет	нет	да	да	нет	1200/48	215	100	2254,8	94,6
июл.07	Газпром		да	нет	нет	да	нет	да	1200/48	220	102	2164,4	90,4
январь.08	Nord Stream		да	нет	нет	да	нет	нет	1200/48	220	102	2164,4	0,0

Северный поток: пропускная способность газопровода оказалась выше проектной

24 октября 2016 г. [Газпром](#)

 136 (+1)

Совокупная мощность газопроводов "Северный поток" и "Северный поток-2" составит 120 млрд куб. м газа в год, сообщает "Газпром". Испытания показали, что пропускная способность "Северного потока" оказалась выше проектной.

"Газпром" намерен подготовить "Инвестиционный замысел расширения ЕСГ для увеличения подачи газа в морские газопроводы "Северный поток" и "Северный поток-2" до 120 млрд куб. м в год", для этой цели компания ищет исполнителя работы.

Глава "Газпрома" Алексей Миллер в апреле поручил найти такого исполнителя. Между тем проектный институт "Гипрогазцентр" уже подготовил технико-экономическое исследование "Увеличение производительности ЕСГ для подачи газа в газопроводы "Северный поток" и "Северный поток-2" в объеме 60 млрд куб. м в год каждый".

Южный поток – пример нового подхода к проектированию морских газопроводов

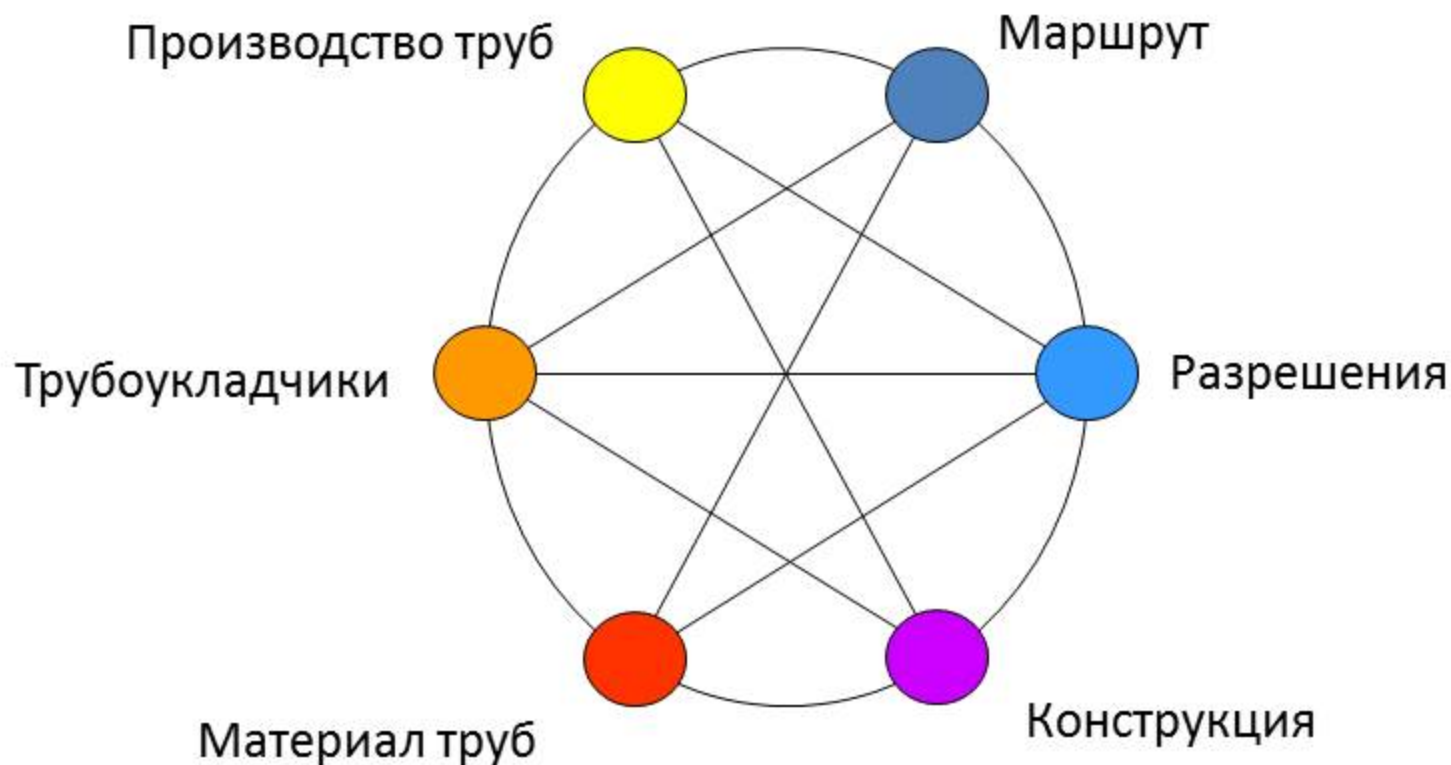
В соответствии с решениями совещания у заместителя Председателя Правления ОАО «Газпром» А.И. Медведева от 14 мая 2007 года прошу Вас выполнить экспертную оценку возможности строительства газопровода через Черное море по маршруту Россия – Болгария с учетом современных достижений и тенденций в области строительства подводных газопроводов.

Начальник Департамента
стратегического развития

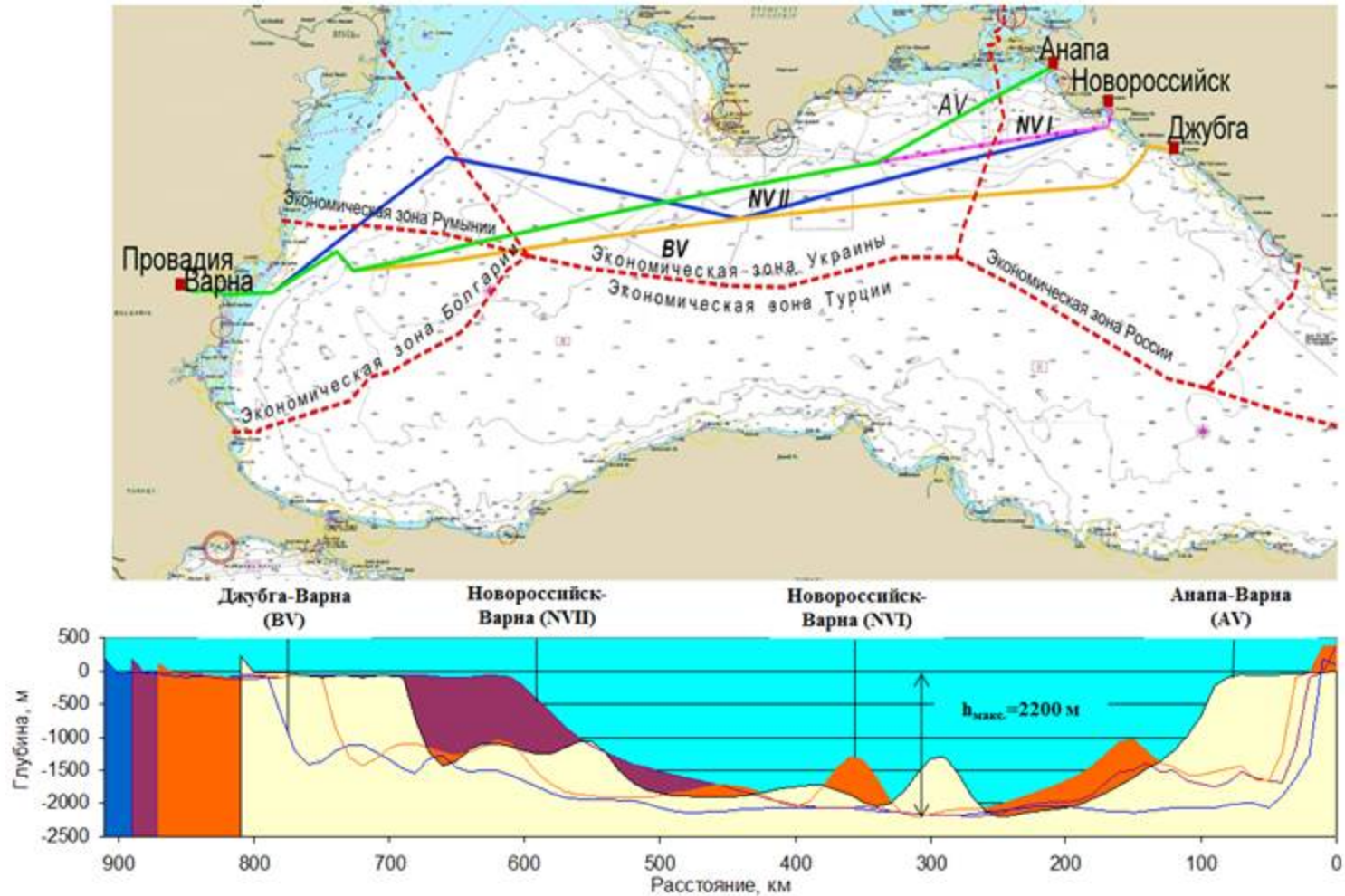


В.В. Русакова

Были исследованы все основные ограничивающие факторы:



Выбраны варианты маршрутов:



В сентябре 2007 выданы рекомендации по выбору основных параметров трубопровода:

- Диаметр 32 дюйма (Ду=813 мм)
- Количество ниток - 2
- Класс прочности трубной стали X70
- Толщина стенки 37,9 мм
- Рабочее давление 29,0 МПа
- Производительность одной нитки 31,51 млрд.м³/год

В 2016 практическая достижимость выбранных параметров подтверждена в работе:

Совершенствование технологии изготовления и освоение нового сортамента труб большого диаметра для обеспечения строительства глубоководных морских газопроводов сверхвысокой пропускной способности

Авторский коллектив

Серебряков А.М. (руководитель работы),
Валиуллин И.Р., Соловьев Е.А., Лобанов А.Н.,
Потапов С.В., Николаева Н.Н., Блинков А.Н.,
Парунов А.Б., Степанов П.П., Фик А.С.

НАУЧНАЯ НОВИЗНА РАБОТЫ

Достижение уникального сочетания проектных параметров морского трубопровода: диаметр 32 дюйма, сталь категории прочности X65, толщина стенки 39,0 мм, глубина укладки до 2200 м, рабочее давление 28,45 МПа.

Обеспечение устойчивости морского трубопровода к проектным нагрузкам в сероводородсодержащей морской среде за счет:

- полного снятия кольцевых сжимающих напряжений при термической обработке в процессе нанесения изоляционного покрытия,
- повышения качества сварных швов сочетанием сварочно-технологических режимов, регулирующих уровень ударной вязкости металла сварного соединения,
- ужесточения требований к максимально допустимой овальности труб

Технические вызовы неизбежно будут сопровождать строительство морских трубопроводов!

Чтобы успешно их преодолевать, нужно создать и развивать инженерный корпус профессионалов!