

## Машинно-технологичен факултет

### МЕТОДИКА ЗА ОЦЕНКА НА ЕКСПЛОАТАЦИОННАТА НАДЕЖДНОСТ НА ПОДВОДНИ МОРСКИ ГАЗОПРОВОДИ

Ръководител на проекта: доц. д-р инж. Георги Антонов  
Участник: гл.ас. д-р инж. Десислава Минчева  
Докторант, маг. инж. Диан Николов

#### Въведение

Поради сложните условия на работа на морските подводни газопроводи – едновременно действащите механично и корозионно натоварване, както и дългия период на експлоатация, възникна въпросът за оценката на текущото им състояние. Проблемът е преди всичко в резултат от изменение на механични характеристики на материалите. По време на експлоатацията и при стриктно следване на плана за мониторинг, много от параметрите, заложили предварително в проекта, могат да бъдат заменени с реални данни и проекто-животът на тръбопровода да бъде преизчислен.

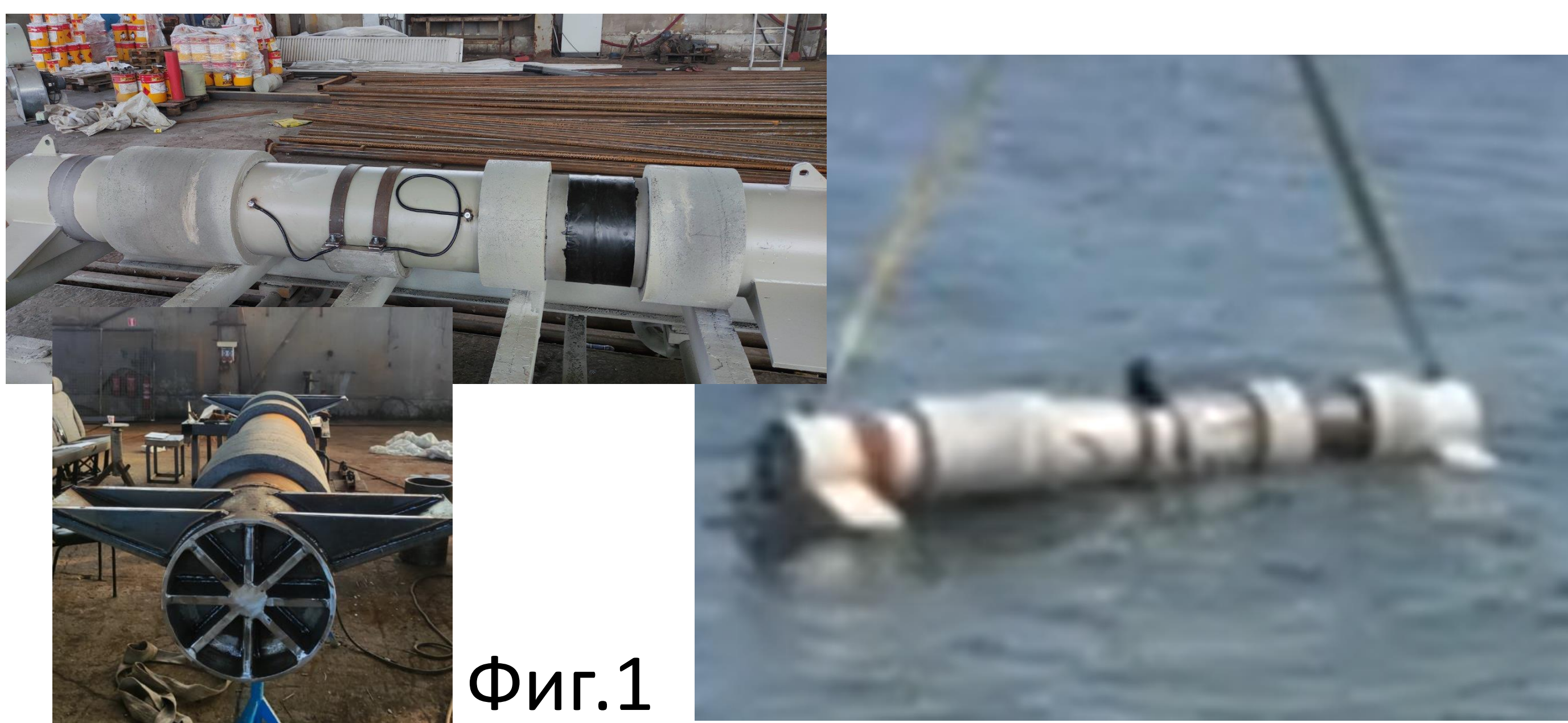
Основната цел пред колектива на проекта бе да се разработи достоверна методика за оценка остатъчния ресурс на подводни газопроводни съоръжения, използвайки известни разрушителни за анализ и безразрушителни методи за контрол.

Постигането на поставената цел изискваше решение на следните основни задачи:

- Оценка промяната на механичните характеристики с течение на времето при различни режими на натоварване.
- Анализирани на проблемите при определяне на текущото състояние на стари подводни газопроводни системи.
- Методика за оценка и прогнозиране на експлоатационния живот на системите.

#### Постановка на задачата

Подходът, който се използва включва проектиране и изработка на модел, съответстващ изцяло на изследвания газопровод. Допълнително заварено съединение(тръба от същия материал) бе направено като отделен участък с цел изследване на началните механично-якостни характеристики. Изработеният модел (Фиг.1) бе монтиран като паралелен тръбопровод на дъното на морето в близост до съществуващия работещ подводен газопровод, запълнен с пластова вода от сондажа и под вътрешното налягане е 11,5MPa, каквото е и работното налягане на експлоатирания газопровод.



Фиг.1

Изработени бяха образци(Фиг.2) в различни сечения върху тестовата тръба (основен материал и заварки) за експериментални измервания с цел получаване началните реални механични свойства на материала и качествата на заваръчните шевове на заложения под вода модел.



Фиг.2

#### Резултати

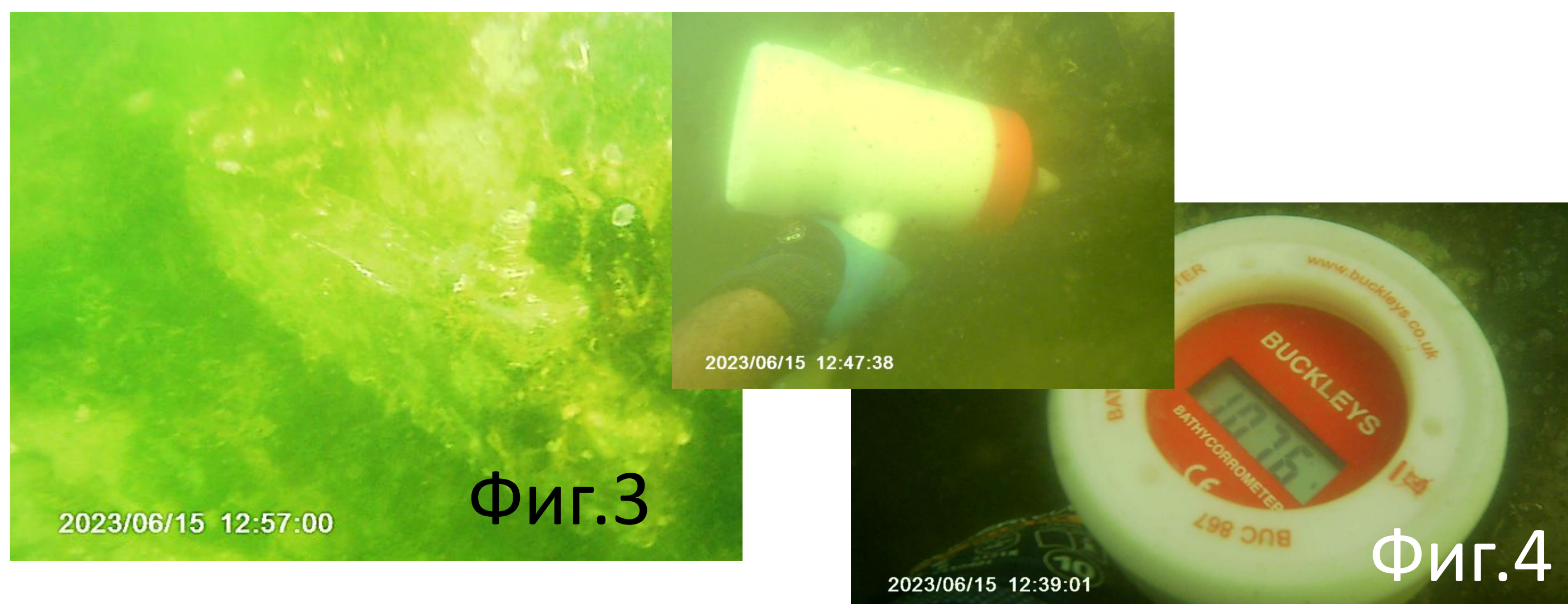
1. Установиха се базисните характеристики на материала чрез основни разрушаващи методи за механични изпитания и структурен анализ на материалите (Табл.1 и Табл.2).
2. В настоящия проект са решени задачи по отношение изследване процесите на корозия и стареене на тръбопровода, положени на морското дъно, и в крайна сметка оценката на експлоатационната им надеждност и остатъчен ресурс. Извършен е оглед на модела на морското дъно фиг.3 и е направено измерване на потенциала между анода, защитаващ тръбопровода и откритата му част с уред, наречен Батикорометър фиг.4, който сравнява потенциала на тръбопровода (най-често върху анодите) спрямо Ag/AgCl референтен електрод. Стойностите на анодния потенциал бяха преизчислени, според методиката за оценка състоянието на системата за електрохимична защита, с оглед на това да се докаже наличието на необходимия изискуем ток в първоначалния етап от поляризацията на модела. Данните на фиг.4 (1076 V при изискуване на стандарта 1050 V) показват, че антикорозионната защита на модела работи нормално.
3. На база на получените данни беше разработена методика за оценка на остатъчния ресурс на подобни тръбопроводи по резултати от измененията на механичните свойства(якост на опън и ударна жилавост) и обща корозия.

Табл.1. Част от резултатите от изпитване на ударна жилавост

Тип на изпитване	№	Тип на шев/материал	Изследвана зона	Зона на пробовземане от тръбния участък	Геометрични размери на образеца [mm]	Основен материал	Заварка
Изпитания за ударна жилавост	1.1.	Напречен шев	Изследване на ЗТВ	Надлъжно от тръбата	8x8		180
	1.2.	Напречен шев	Изследване на ЗТВ	Надлъжно от тръбата	8x8		191
	1.3.	Надлъжен шев	Метал на шева	Напречно от тръбата	8x8		170
	1.4.	Надлъжен шев	Изследване на ЗТВ	Напречно от тръбата	8x8		155
	1.5.	Надлъжен шев	Изследване на ЗТВ	Напречно от тръбата	8x8		178
	1.6.	Надлъжен шев	Изследване на ЗТВ	Напречно от тръбата	8x8		161
	1.7.	Основен материал		Напречно от тръбата	8x8	279	
	1.8.	Основен материал		Напречно от тръбата	8x8	266	

Табл.2. Част от резултатите от изпитване на якост на опън и твърдост

Тип на изпитването	№	Тип на шев/материал	Зона на пробовземане от тръбния участък	Геометрични размери на образеца [mm]	Граница на еластичност Re [Mpa]	Якост на опън Rp0.2 [Mpa]	Удължение %	Якост на опън на надлъжният заваръчен шев [MPa]	Твърдост HV10		
Изпитания на опън и твърдост	2.1.	Надлъжен шев	Напречно от тръбата	7x3 (100x45)	489	573	29	568	214	217	209
	2.2.	Надлъжен шев	Напречно от тръбата	7x3 (100x45)	501	569	32				
	2.3.	Основен материал	Надлъжно от тръбата под 45°	7x5 (100x40)	494	570	30				
	2.4.	Напречен шев	Надлъжно от тръбата	10x8 (180x90)	509	584	30				
	2.5.	Надлъжен шев	Надлъжно от тръбата	10x8 (180x90)	471	568	31				



Фиг.3



Фиг.4

#### Заклучение

Получените резултати имат предимно приложна насоченост, но и значимост за постигане крайните цели и решаване на задачите на дисертационния труд. Резултатите от настоящия проект ще разширят и доразвият посочените по рано данни чрез:

- Разработване на методика за експериментално изследване на свойствата на материала.
- Комплексна оценка и сравнителен анализ на микроструктурните, механичните и уморни характеристики, получени при проведеното изследване.
- Създаване на методика за оценка остатъчния ресурс на подводни газопроводни съоръжения по безразрушителни методи.

#### Публикации по проекта

1. NIKOLOV, Diyan, Aging Assessment of the Subsea Gas Pipeline, Международна конференция "Дни на БК" 2023, 12-16 юни 2023, Созопол, България ISSN: 2603-4018 (print), Volume VI/Issue 3 (2023), pages 156-163
2. NIKOLOV, Diyan, ANTONOV Georgi, Steel X65 acc. API 5L behaviour, under the influence of CO<sub>2</sub> and H<sub>2</sub>, Annual Journal of Technical University of Varna, Vol 8, No 2 (2024), ISSN 2603-316X(online), под печат