

Неутрален
Независим
Общополезен



ИКТ- Институт за подземна
инфраструктура

Изследователски доклад

Прочистване на канализации -дюзи, налягания, струи под високо налягане



Боселер Б, Шлютер М.
Гелзенкирхен, декември 2004г.

Възложител



Изпълнител



Научно ръководство

Д-р инж. Берт Боселер

Министерство за опазване на околната среда, земеделието и защита на потребителите на федерална провинция Северен Рейн-Вестфалия
ИКТ - Институт за подземна инфраструктура
„Екстербрух“ 1
45886 Гелзенкирхен

Ръководство на проекта и обработка

дипл. инж. Марко Шлютер
дипл. инж. (ТУ) Беате Фойгт
дипл. инж. (ТУ) Х. Акас
дипл. инж. (ТУ) М. Енгелберг
дипл. инж. (ТУ) Т. Кучовиц
дипл. инж. М. Илинг
дипл. инж. П. Мейер

Благодарим на участниците в проекта за мониторинга на изследователския проект от гледна точка на практиката, за техническата дискусия и широката подкрепа при анализа на процесите по прочистване във работещите канализации:

Дипл. инж. Ф. Гросклагс
Господин Й. Грабан, господин Т.Кариот
Дипл. инж. Ф-Й. Кноблаух
Дипл. инж. Х. Ян
Господин Б. Хелвег
Господин Й. Лункевиц
Господин В. Зиверт
Дипл. инж. Й. Лолерт, господин Р. Райке
Господин Х.-Й. Тил
Господин Р. Кцуба
Проф. д-р инж. В. Хьозел

Град Бохум
„Гелзенканал“, Гелзенкирхен
Град Реклингхаузен
Град Мюнхен
Община Холцвикеде
„Вуперталер щадверке“ АД
Град Ратинген
Град Хаген
ЕСВ Отводняване град Витен
Град Варендорф
Университет за приложни науки
Гелзенкирхен, Катедра – технология за
снабдяване, събиране и извозване на
отпадъци

Въведение

Преди да преминем към същността на настоящия доклад представен на вашето внимание от „Пайплайф България“, искаме да Ви запознаем как се е стигнало до неговото разработване. Оригиналът на доклада е на немски език и обхваща 210 страници от които ние сме превели разделите, които според нас представляват най-голям интерес. (<http://www.ikt.de/download.php?f=12> това е линк към целия документ за тези които искат да се запознаят с него)

Във федерална провинция Северен Рейн-Вестфалия канализационната мрежа възлиза на около 90км по дължина. Същата е била прочистена в рамките на 2-3 години. Прочистването на канализацията е един от основните приоритети на местния ВиК оператор, чиято цел е да осигури безпроблемно отвеждане на отпадъчните води и осигуряване на комфорт на гражданите, което от своя страна ще допринесе значително за поддържане на стойността на мрежите.

Дори и днес високите изисквания за прочистване на канализациите носи значителни финансови проблеми за ВиК операторите, тъй като увеличаване на разходите за тази дейност не могат да бъдат отнесени към причините за повишаване на таксите. В тази връзка всички участници в процеса са били поставени под нарастващ натиск да намерят ефективен подход за редуциране на разходите. Ситуацията е утежнена от факта, че почти не са документирани знания за възможностите за ефикасно и лесно прочистване на канализацията, както и липсата на стратегии за по-нататъчно оптимизиране на процесите по прочистване .

С оглед на това през декември 2004г. „Министерство за опазване на околната среда, земеделието и защита на потребителите на федерална провинция Северен Рейн-Вестфалия“ възлага на „ИКТ-Институт за подземна инфраструктура“ гр.Гилзенкирхен да изготви Изследователски Доклад. Същият е направен под научното ръководство на Д-р инж. Берт Боселер. Целта на доклада е да се разработят препоръки за процеса на прочистване под високо налягане и оптимално използване на прилаганите средствата от гледна точка на основните параметри на процеса. За постигане на тази цел са използвани подходи от практиката, като много операции по прочистване са били съпроводени с определяне на техническите параметри на място. Практическият опит от настоящите изследвания е в основата на изискванията за допълнителни изследвания по възпроизведими условия.

Изненадващо за повечето ВиК оператори е, че пластмасовите тръби са се оказали най-устойчиви на почистване с дюзи както и това, че основния риск от повреда при прочистване не идва от водните струи под налягане, а от почистващата глава на дюзата която е метална и доста тежка.

Пожелаваме Ви приятно четене и разбира се оставаме на разположение за въпроси и коментари.

5.4.2. Бетон

5.4.2.1. Канализационна система Белингхаузен ООД

5.4.2.1.1. Описание на продукта и преглед на експеримента

При сравнителните експерименти на HD-системата както и експериментите със спускане на дюза бяха използвани бетонни тръби на фирма „Канализационна система Белингхаузен“ ООД по DIN 4032¹(63) и Директива за качеството на FSB (Специализирано сдружение за бетонни и стоманобетонни тръби) (64) с кръгло напречно сечение и пета с номинален диаметър DN300 (виж Таблица 41).

Таблица 41: Преглед на образците за изпитване, тестове и тестови параметри

Снимка 138: FBS Бетонни тръби		FBS-бетонна тръба DIN 4032 ¹ - KFW-M 300x2500							
		Подсилени бетонни тръби съгласно DIN 4032 ¹ (63) и Директива за качеството на Специализираното сдружение за бетонни и стоманобетонни тръби (64) с кръгло напречно сечение и муфа, номинален диаметър DN 300 с пета и обща дължина 2,50м							
Фитинги									
Снимка 139: FBS - елемент с отвор за източване		FBS- елементи DIN 4032 ¹ - KFW-M 300x1000							
		Елементи от бетон с подсилени стени по DIN 4032 ¹ (63) и Директива за качеството на Специализираното сдружение за бетонни и стоманобетонни тръби (64) с кръгло напречно сечение и муфа, номинален диаметър DN 300 с пета и обща дължина 1,00м. На елементите фабрично са направени отвори за източване и са използвани различни свързващи елементи. Някои отвори не са оборудвани със свързващи елементи, така че тук е бил натоварен непосредствено ръба на отвора и е бил оценен по отношение на оптични промени.							
Метод на тестване	Тест на HD-система		Тест със струя и дюза				Тест с плъзгане на дюзата		Тест със спускане на дюзата
			Единична струя		Промивна дюза				
									
Брой на елементите	21/30/12		-		-	-	-		3/-/-
Тръба/свързващ елемент/ връзка									
Тестова дюза (виж Раздел 4.2)	D1		D2	D4	D20	D1	D2	D1	D1
Добавка на дребен чакъл (литър/цикъл)	0	5	0	20 ²	0	0	0	0	0
Брой на опитите	2	1	-	-	-	-	-	-	3

- Не е изследвано (тествано)



Сравними опити на HD-системата с 0 съответно 5 литра добавка на дребен чакъл

Допълнителни експерименти послужиха за изолирано наблюдение на факторите на влияние (изтъркване, единична струя HD) и вариация на условията на почистване, като количество утайка, цикли на почистване и характеристики на дюзите (струя на дюзата и ъгъл на дюзата)

¹ заменен частично чрез DIN EN 1916 (81), в Германия се прилага заедно с DIN V 1201 (82)

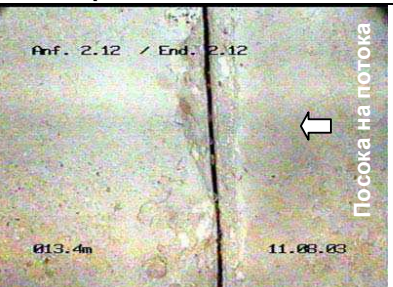
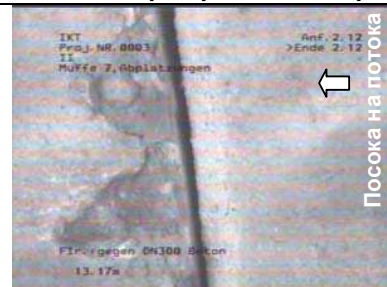
² При добавяне на 20л. ситен чакъл основно с 10 допълнителни цикъла, т.е. общо 60 извършени цикъла за почистване (виж Раздел 5.3)

5.4.2.1.2. Сравними тестове на HD-системата

В рамките на два сравними теста на HD-системата **без дребен чакъл** (виж Таблица 41) след натоварване на движещата се струя на дюзата в долната част на тръбата можах да се констатира отмивания по вътрешните ръбове на лицевата повърхнина на муфата, тоест на обърнатата към струята на дюзата страна на лицевата повърхност на тръбата (виж снимка 140 и снимка 141)

Опитът с добавяне на 5 литра дребен чакъл на почистващ цикъл потвърди принципно впечатленията от опитите без добавяне на дребен чакъл. Не се наблюдаваше значително променено поведение на материала. Наблюдаваното предимно в зоната на долната част на тръбните съединения износване на материала можеше най-често да се установи чак след 30 цикъла на почистване (сравни снимка 143) След 50 цикъла на почистване износването бе малко по-голямо и по-дълбоко (виж снимка 144).

В рамките на тестовете на HD-системата тръбните парчета бяха изправзвани и **при стационарно натоварване**, тоест при селективно продължително натоварване чрез една неподвижна дюза на всеки три минути. При това се появиха и изменения по материала, както бяха наблюдавани и при теста с подвижна дюза .

 Тест на HD-система (тестова дюза D1, без добавка на дребен чакъл)				
				
Снимка 140: Натоварване: 50 цикъла - без дребен чакъл –D1 (8x30°)		Снимка 141: Натоварване: 50 цикъла - без дребен чакъл –D1 (8x30°)		
 Тест на HD-система (тестова дюза D1, с добавка на 5 литра дребен чакъл)				
				
Снимка 142: преди HD-натоварване		Снимка 143: след 30 цикъла		Снимка 144: след 50 цикъла
Изпитване	Определящо място на промяна на материала	Големина на износването		Наблюдавана повтораемост
	Тяло/връзка/разклонение	Площ /cm ² /	Максимална дълбочина /мм/	
Експеримент на HD-система	Връзка	<10	<5	редовно
Забележка:		Измененията на материала можеха да се наблюдават след 30 почистващи цикъла		

5.4.2.1.3. Допълнителни експерименти

При експеримента със спускане на дюзата, след механично натоварване на дъното на тръбата чрез спускане на дюзата от горния край (DN 300) върху дъното на тръбата, не бяха установени промени по материала.

5.4.2.1.4. Резюме

Сравними експерименти на HD - системата

При сравнимите експерименти на HD - системата (0 и 5 литра добавка на дребен чакъл, 50 цикъла на почистване) се видяха отмивания в областта на тръбната връзка. Те по своя размер отговаряха на колебания в качеството на доставката на тръбата за изпитване (натрупване по вътрешните ръбове на лицевата повърхност на муфата) .

Допълнителни експерименти

При теста със спускане на дюзата образците за изпитване се оказаха устойчиви на механичното натоварване чрез корпуса на дюзата.

5.4.2.2. „Бердинг бетон ООД „ (някогашен завод: „Вестрор ООД)

5.4.2.2.1. Описание на продукта и преглед на експеримента

В допълнение на показаните в Раздел 5.4.2.1. тестове на продукт от бетонна тръба на друг производител бяха проведени и долуописаните допълнителни експерименти. При това бяха използвани тръби на „Бердинг бетон“ ООД (завод Дателн, някогашно предприятие „Вестрор“ ООД) съгласно DIN 4032¹(63) и Директива за качеството на FSB (Специализирано сдружение за бетонни и стоманобетонни тръби) (64) с кръгло напречно сечение и пета на номиналната ширина DN300 (виж Таблица 42). Бяха проведени експерименти на HD-система с повишено количество на добавен дребен чакъл съответно повишен брой на циклите на почистване както и опити със струя на дюзата с интензивна HD-единична струя .

Таблица 42: Преглед на образци на изпитване, тестове и тестови параметри

Тръби									
Снимка 145: FBS Бетоннови тръби на				FBS-бетонна тръба DIN 4032 ¹ - KFW-M 300x2500					
				Бетонни тръби с подсилени стени съгласно DIN 4032 ¹ (63) и Директива за качеството на Специализираното сдружение за бетонни и стоманобетонни тръби (64) с кръгло напречно сечение и муфа, номиналната ширина DN 300 е с пета и обща дължина 2,50м					
Фитинги									
Снимка 146: FBS - елемент с отвор за източване				FBS-шарнирни елементи DIN 4032 ¹ - KFW-M 300x1000					
				Шарнирни елементи от бетон с подсилени стени по DIN 4032 ¹ (63) и Директива за качеството на Специализираното сдружение за бетонни и стоманобетонни тръби (64) с кръгло напречно сечение и муфа, номиналната ширина DN 300 е с пета и обща дължина 1,00м. На шарнирните елементи фабрично са направени отвори за изтичане и са използвани различни свързващи елементи. Някои свредловъчни отвори не са снабдени със свързващи елементи, така че тук е бил натоварен непосредствено свредловъчния ръб и е бил оценен по отношение на оптични промени.					
Метод на тестване		Тест на HD-система			Тест със струята на дюзата			Тест с плъзгане на дюзата	Тест със спускане на дюзата
					Единична струя	Промивна дюза			
									
Брой на елементите Тръба/свързващ елемент/ връзка		12/22/12			6/3/3	-	-	-	-
Тестова дюза (виж Раздел 4.2)		D1	D2	D4	D20	D1	D2	D1	D1
Добавка за дребен чакъл (литър/цикъл)		0	5	0	20 ²	0	0	0	0
Брой на опитите		-	-	-	2	3	-	-	-

- Не е изследвано (тествано)

Сравними експерименти на HD-системата

Допълнителни тестове послужиха за изолирано наблюдение на факторите на влияние (изтъркване, единична струя HD) и вариация на условията на почистване, като количество утайка, цикли на почистване и характеристики на дюзите (струя на дюзата и ъгъл на дюзата)

¹ заменен частично чрез DIN EN 1916 (81), в Германия се прилага заедно с DIN V 1201 (82)

² При добавка на 20л. ситен чакъл основно с 10 допълнителни цикъла, т.е. общо 60 извършени цикъла за почистване (виж Раздел 5.3)

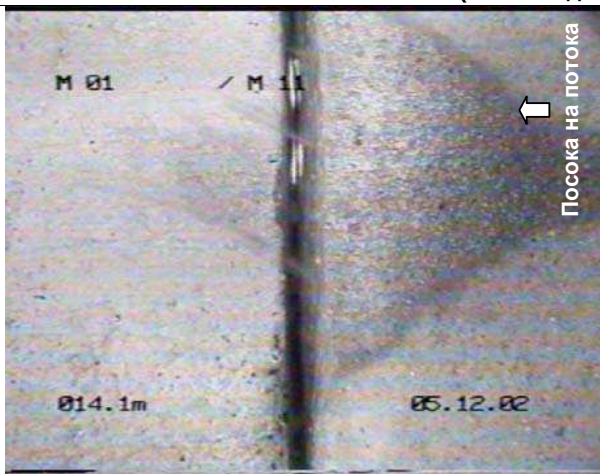
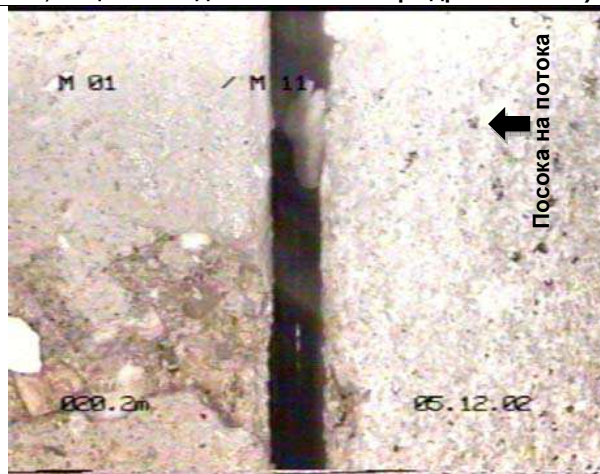
5.4.2.2. Сравними експерименти на HD-системата

За гореописания продукт не бяха извършени никакви експерименти на HD-системата.

5.4.2.2.3. Допълнителни експерименти

При допълнителни експерименти на HD-системата бе увеличено натоварването посредством добавка **на 20 литра дребен чакъл** на почистващ цикъл и 10 допълнителни цикъла (общо 60) спрямо *сравнимите експерименти на HD-системата*. В резултат на това се установи подобно поведение на материала както при представения в Раздел 5.4.2.1. бетонен продукт. В областта на тръбната връзка отново се видяха отмивания по вътрешните ръбове на лицевата повърхностна на тръбата (виж снимка 147 и снимка 148).

В рамките на експериментите на HD-системата тръбните пръти бяха изпразвани и при **стационарно натоварване**, тоест при селективно продължително натоварване чрез една неподвижна дюза на всеки три минути. Вследствие на това натоварване се появиха и изменения по материала, както бяха наблюдавани и при теста с подвижна дюза .

Тест на HD-система (тестова дюза D4, 60 цикъла с добавка на 20 литра дребен чакъл)				
				
Снимка 146: Натоварване : 60 цикъла- 20л. дребен чакъл- D4 (5x10°, 5x20°)		Снимка 148: Натоварване : 60 цикъла- 20л. дребен чакъл- D4 (5x10°, 5x20°)		
Изпитване	Определящо място на промяна на материала	Големина на износването		Наблюдавана повтораемост
		Площ /см ² /	Максимална дълбочина /мм/	
	Тяло/ връзка/разклонение			
Тест на HD-система	връзка	<10	<5	редовно
Забележка:	Измененията на материала можеха да се наблюдават след 30 цикъла на почистване			

При **опитите със струята на дюзата с HD-единична струя** по ръбовете на елементите и по ръбовете на отклонението се появи износване на материала на малки площи от макс. 3мм дълбочина и непрекъсната следа от промиването, сравнима с грападостта на пробната тръба (виж снимка 149 и снимка 150)

Тест със струята на дюзата с единична HD струя				
				
Снимка 149: Натоварване : 50 цикъла D20 (1x30°)		Снимка 150: Натоварване : 50 цикъла- D20 (1x30°)		
Изпитване	Определящо място на промяна на материала	Големина на износването		Наблюдавана повтораемост
	Тяло/ връзка/разклонение	Площ /см ² /	Максимална дълбочина /мм/	
Тест с HD-единична струя	Връзка/ разклонение	1	<3	редовно
Забележка:				

5.4.2.2.4. Резюме

Сравними експерименти на HD-системата

За този продукт не бяха извършени никакви експерименти на HD-системата.

Допълнителни експерименти

При по-нататъшния експеримент на HD системата, тоест с добавка на 20 литра дребен чакъл и 10 допълнителни почистващи цикъла (общо 60), вследствие на добавянето на дребен чакъл се наблюдаваха отмивания на материала в зоната на тръбната връзка с подобна интензивност като при сравнимите тестове на HD-системата на представения в раздел 5.4.2.1. бетонен продукт.

При тези опити със струята на дюзата с единична HD-струя принципно бе потвърдено наблюдаваното поведение на материала в рамките на опитите на HD-системата.

5.4.3. Каменна керамика

5.4.3.1. Глазирани керамични тръби („Керамични канализационни системи“ ООД)

5.4.3.1.1. Описание на продукта и преглед на експериментите

При сравнимите експерименти на HD-системата и допълнителните експерименти (експеримент със струята на дюзата, със шлифовъчна дюза и спускане на дюзата) бяха използвани вътрешно и външно глазирани керамични тръби съгласно DIN EN 295 (65) съответно WN 295 (66) на производителя „Керамични канализационни системи“ ООД с номинален диаметър DN300 (виж Таблица 43).

Таблица 43: Преглед на образци на изпитване, тестове и тестови параметри

Тръби									
Снимка 151: Муфирани керамични тръби и фитинги				Глазирани керамични от „Керамични канализационни системи“ ООД					
				CeraLong-тръби с муфа К (свързваща система С) както и CeraLong S тръби с муфа S (свързваща система С) по DIN EN295 (65) съответно WN 295 (66) с номинален диаметър DN300 и клас на товароносимост 160 (нормално натоварване N, сила на натиск FN=48 (kN/m)). Обща дължина - 2,50 м					
Фитинги									
				Глазирани Фитинги от каменна керамика съгласно DIN EN 295 (65) съответно WN 295 (66), продуктова група CeraLong на „Керамични канализационни системи“ ООД: Каменна керамика - 90° разклонение , DN ₁ /DN ₂ =300/150 съответно DN ₁ /DN ₂ =300/200 (нормално натоварване N, клас товароносимост 160/160), със контактна муфа К/К Каменна керамика - 45° разклонение , DN ₁ /DN ₂ =300/150 съответно DN ₁ /DN ₂ =300/200 (серия нормално натоварване N, клас товароносимост 160/160), със муфа К/К Елементи от каменна керамика за подаване (GZ) съответно за оттичане (GA) на водата с номинален диаметър DN 300, нормално натоварване N, клас на товароносимост 160, сила на натиск FN=48 (kN/m) с муфа К съгласно свързваща система С.					
Снимка 152: 90° разклонение									
				Снимка 153: Свързващи елементи					
Метод на тестване		Експеримент на HD-система			Експерименти със струята на дюзата			Тест с плъзгане на дюзата	Тест за падане на дюзата
					Единична струя	Промивна дюза			
									
Брой на елементите		31/45/18			6/3/3	10/5/-		8/4/-	8/-/-
Тръба/свързващ елемент/ връзка									
Тестова дюза (виж Раздел 4.2)		D1		D2	D4	D20		D1	D2
		D1		D2	D4	D20		D1	D2
Добавка за дребен чакъл (литър/цикъл)		0	5	0	20 ²	0		0	0
Брой на опитите		2	1	-	1	3		5	-
		2		1	-	1	3		5
		2		1	-	1	3		5

- Не е изследвано (тествано)



Сравними опити на HD-системата с добавка на 0 съответно 5 литра дребен чакъл

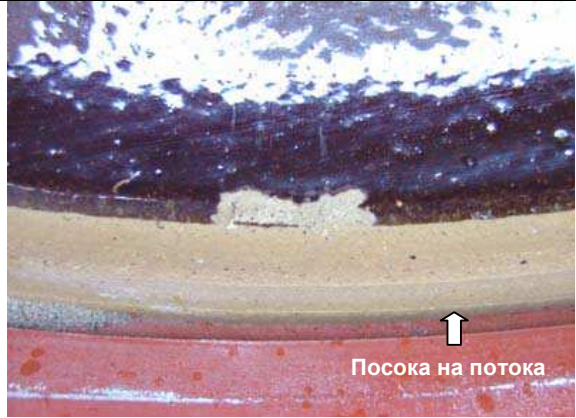
Допълнителни тестове послужиха за изолирано наблюдение на факторите на влияние (шлифоване, единична струя HD) и вариация на условията на почистване, като количество утайка, цикли на почистване и характеристики на дюзите (струя на дюзата и ъгъл на дюзата)

*при добавка от 20 л дребен чакъл принципно с 10 допълнителни цикъла, тоест извършени общо 60 почистващи цикъла (сравни Раздел 5.3.)

5.4.3.1.2. Сравними опити на HD-системата

В рамките на два сравними експеримента на HD-системата **без дребен чакъл** (виж таблица 43) чрез натоварване с движеща се струя на дюзата в областта на тръбната връзка, по-специално на дъното на тръбата с муфа, може да се констатира редовно изтъркване на покритието на вътрешната стена на тръбата на малка площ от около 1 см². В отделни случаи площта на изтъркването бе до 15см² при максимална дълбочина от 2мм (виж снимка 154 и снимка 155)

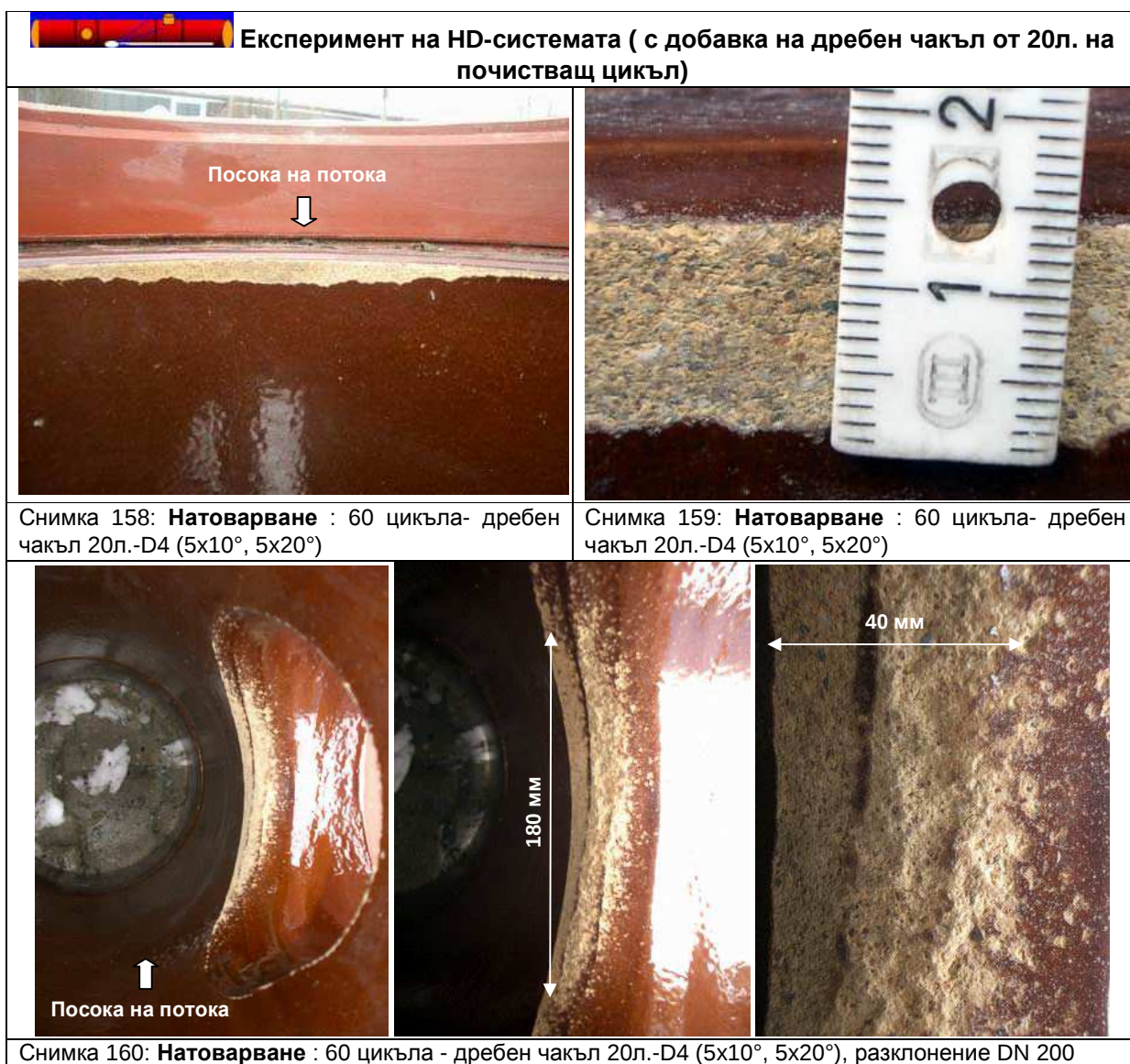
Опитът с добавяне на **5 литра дребен чакъл** на почистващ цикъл потвърди принципно впечатленията от опитите без добавяне на дребен чакъл. Тук и в зоната на тръбната връзка се наблюдаваше износване на материала с площ до около 15см² при максимална дълбочина от 2 мм. От ерозираните ръбове на износването обаче износването по-скоро имаше абразивен вид.

Опити на HD-система (0 и 5 литра добавка на дребен чакъл)				
 Посока на потока		 Посока на потока		
Снимка 154: Натоварване: 50 цикъла- без дребен чакъл – D1 (8x30°)		Снимка 155: Натоварване: 50 цикъла- без дребен чакъл –D1 (8x30°)		
 Посока на потока		 Посока на потока		
Снимка 156: Натоварване: 50 цикъла- 5л. дребен чакъл – D1 (8x30°)		Снимка 155: Натоварване: 50 цикъла- 5л. ситен чакъл –D1 (8x30°)		
Изпитване	Определящо място на изменението на материала	Големина на износването		Наблюдавана повтораемост
	Тяло/ връзка/разклонение	Площ /см ² /	Максимална дълбочина /мм/	
Експеримент на HD-система	връзка	<15	<2	В отделни случаи
Забележка:	Голяма част от горепосочените изменения на материала можеха да се наблюдават едва след 30 цикъла на наблюдение.			

В рамките на експериментите на HD-системата тръбните участъци бяха изправвани и при **стационарно натоварване**, тоест при селективно продължително натоварване чрез една неподвижна дюза на всеки три минути. Вследствие на това натоварване не се появиха видими изменения по материала.

5.4.3.1.3. Допълнителни експерименти

Освен сравнимите опити на **HD-системата** бяха извършени и допълнителни опити на HD-системата с допълнително натоварване, тоест добавка на 20 литра дребен чакъл на почистващ цикъл и завишаване на броя на почистващите цикли на 60 цикъла. След това в областта на тръбната връзка се наблюдаваше отмиване на покритието с абразивен характер. В отделни случаи износването на материала в зоната на дъното показваше ширина от около 1 см и се простираше до най-крайните атакувани участъци (виж снимка 158 и снимка 159). Също така по страничните отвори се появиха ясно различни промени на материала. По повърхностите, които са обърнати към струите под високо налягане, отново се появи отмиване на покритието с размер до около 50 см² (виж снимка 160).



След натоварванията в рамките **на експериментите със струята на дюзата с HD единична струя** се наблюдаваше отмиване на материала на малка площ през всичките три тествани странични отвора до размер от около 3cm² (виж снимка 161). На две от три тръбни връзки също се появи отмиване на материала с площ от около 5 cm². Дълбочината на отмиването бе по-малка от 2 мм.

В рамките на **опитите със струя на дюзата с HD единична струя** не се наблюдаваха никакви промени на материала както с подвижна така и стационарна струя на дюзата. (виж снимка 162)

 Опит със струя на дюзата с HD
единична струя

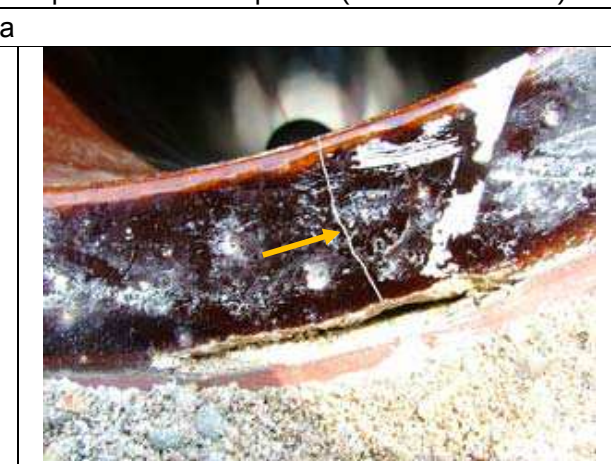
Снимка 161: **Натоварване:** 50 цикъла- D20 (1x30°)

 Опит със струя на дюзата с HD
изплакваща дюза

Снимка 162: **Натоварване:** 50 цикъла-
D1 (8x30°)

Изпитване	Определящо място на промяна на материала	Големина на износването		Наблюдавана повторемост
	Корпус (S)/връзка (V)/ разклонение (A)	Площ cm ² /	Макс.дълбочина /мм/	
Тестване на HD единична струя	(A) Разклонение (V) връзка	<3 <5	<2 <2	3(A) от 3 (A) 2(V) от 3(V)
Тестване на HD промивни дюзи	Няма промяна	-	-	-
Забележка:				

След механично натоварване на пода на тръбата при опита със шлифована дюза (виж Раздел 5.3.4) не бяха констатирани никакви промени на материала (виж снимка 162)

			
Снимка 163: Вътрешен изглед на тръбата Натоварване: 1 спускане на дюзата, дюза 1 (тегло 4,5 кг.) Съхранение: пясъчна възглавница с препълване		Снимка 164: Изглед муфа Натоварване: 1 спускане на дюзата, дюза 1 (тегло 4,5 кг.) Съхранение: пясъчна възглавница с препълване	

След натоварването **при опита със спускане на дюза** (виж Раздел 5.3.5) отново не бяха констатирани никакви ясно различими промени на материала. За провеждането на опитите със спускане на дюза бе издигната една 4,5 кг. тежка дюза с кръгла струя до темето на тръба DN 300 и след това пусната да падне веднъж. Вследствие на това натоварване като се започне от точката на удара на дюзата се образува фина драскотина като косъм с дължина от около 30 до 50 см. (Виж снимка 163 и снимка 164). За да се изключи възможността, че само основата на тръбата има определящо влияние върху размера на промените на материала, бяха проведени опити със спускане на дюза при различни условия на основата (сравни Раздел 5.3.5.). При всички случаи бе потвърдено гореспоменатото наблюдение.

5.4.3.1.4. Резюме

Сравними опити на HD-системата

При сравнимите експерименти на HD-системата (добавка на 0 и 5л. дребен чакъл, 50 почистващи цикъла) бе отмито покритието и части от керамичната стена (макс. 2 мм) само на отделни тръбни връзки и разклонения на площ от до 15 см². Вследствие на добавката на дребен чакъл (5 литра) отмиването на материала придоби абразивна форма с подобна площ и дълбочина.

Допълнителни експерименти

При по-нататъшен опит на HD-системата, тоест 20 литра добавка на дребен чакъл и 10 допълнителни почистващи цикъла (общо 60) вследствие на добавката на дребен чакъл се установи отмиване на материала с абразивна форма и подобна дълбочина както при по-малко добавяне на дребен чакъл, без съмнение със значително по-голяма площ (до 50 см²). При опитите със струя на дюзата с HD – единична струя видимо не бяха установени промени на материала. При опита със плъзгане на дюзата образците на изпитване се оказаха устойчиви на механичното натоварване чрез тялото на дюзата. Спускането на дюза от върха (DN 300) върху стената на тръбата предизвика драскотини на стената на тръбата.

5.4.3.2. Глазирани керамични тръби (ЕвроКерамик ООД)

В допълнение на показаните в Раздел 5.4.3.1. експерименти на продукт на керамична тръба на друг производител бяха извършени допълнителни експерименти с акцентиране върху натоварването с твърди материали (20 литра добавка на дребен чакъл) и спускането на дюза по дъното на отвътре и отвън глазирана керамична тръба съгласно DIN EN 295 (65) на производителя „ЕвроКерамик“ ООД с номинален диаметър DN300 (виж таблица 44).

Таблица 43: Преглед на образци на изпитване, тестове и тестови параметри

Тръби  Снимка 165: Керамични тръби										Канализационни тръби от керамика Продуктова група Euro Trad на “ЕвроКерамик“ ООД EuroTrad-тръби по DIN EN295 (65), номинален диаметър DN300, клас на товароносимост 160 (нормално натоварване N, свързваща система C Монтажна дължина- 2,00 м									
Фитинги  Снимка 166: 45° разклонение										Фитинги от каменна керамика , продуктова група EuroTrad съгласно DIN EN 295 (65): разклонение 90° от каменна керамика, номинална ширина DN300/150 и DN 300/200 (клас на товароносимост 160 (ред на нормално натоварване N), Свързваща система C: разклонение 45° от каменна керамика, номинална ширина DN300/150 и DN 300/200 (клас на товароносимост 160 (ред на нормално натоварване N) Свързваща система C: разклонение 45° от каменна керамика, номинална ширина DN150 и DN200, разклонение 90° от каменна керамика , номинална ширина DN150 и DN200 Конзоли за пробиване 90° от каменна керамика , номинална ширина DN150 и DN200									
Метод на тестване				Опит на HD-система				Експерименти със струята на дюзата			Тест с плъзгане на дюзата		Тест със спускане на дюзата						
								Единична струя		Промивна дюза									
																			
Брой на елементите Тръба/свързващ елемент/ връзка				8/11/11				-		-		-		3/-					
Тестова дюза (виж Раздел 4.2)				D1		D2		D4		D20		D1		D2		D1		D1	
Добавка за дребен чакъл (литър/цикъл)				0		5		0		20 ²		0		0		0		0	
Брой на опитите				-		-		-		1		-		-		-		3	

- Не е изследвано (тествано)



Сравними опити на HD-системата с добавка на 0 съответно 5 литра дребен чакъл

Допълнителни опити послужиха за изолирано наблюдение на факторите на влияние (изтъркване, единична струя HD) и вариация на условията на почистване, като количество утайка, цикли на почистване и характеристики на дюзите (струя на дюзата и ъгъл на дюзата)

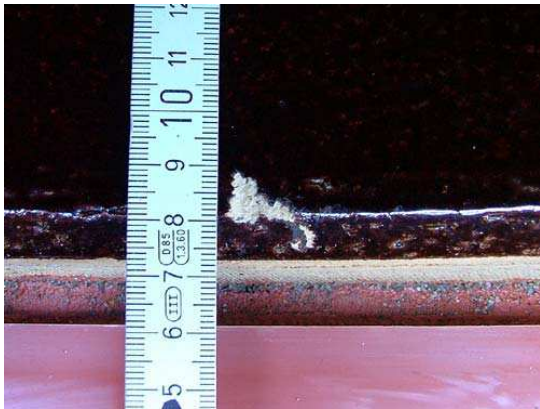
*при добавка на 20 л дребен чакъл принципно с 10 допълнителни цикъла, тоест извършени общо 60 почистващи цикъла (сравни Раздел 5.3.)

5.4.3.2.2. Сравними експерименти на HD-система

За гореописания продукт не бяха извършени никакви експерименти на HD-системата..

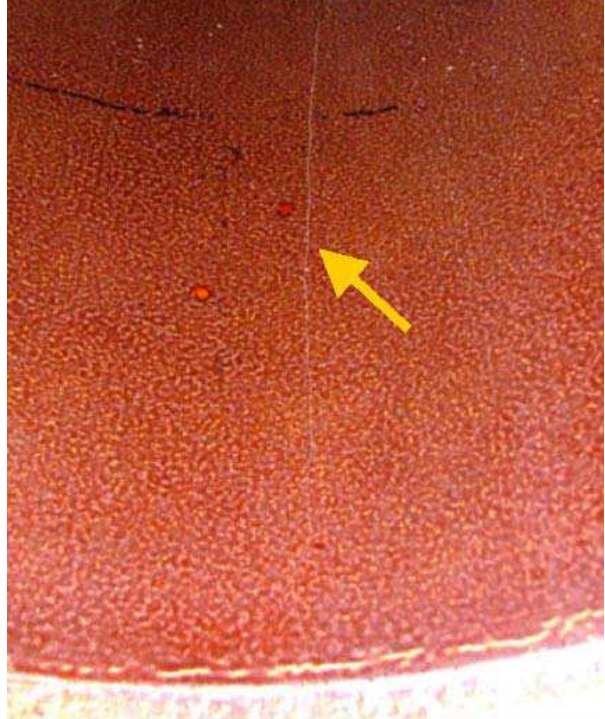
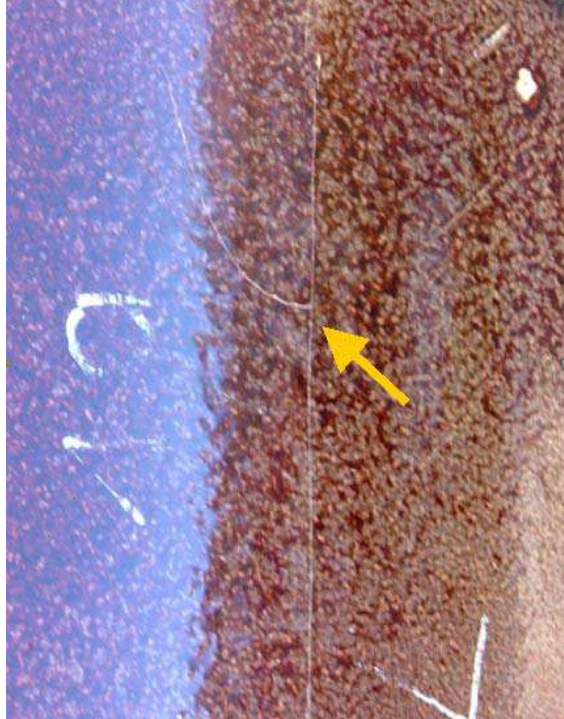
5.4.3.2.3. Допълнителни експерименти

Тъй като при представения в Раздел 5.4.3.1 продукт от керамика в рамките на опитите на HD-системата се появиха изменения на материала при допълнителното натоварване с дребен чакъл, с настоящия продукт бе проведен по-нататъшен опит на HD-системата с прибавяне на 20 литра дребен чакъл на почистващ цикъл. След това в областта на тръбните връзки на дъното на тръбата с муфа се появи малко по размер отмиване на вътрешното покритие на площ около 1 cm^2 (виж снимка 168). По-специално по тръбните връзки и страничните връзки в близост до станцията за подаване на дребен чакъл в началото на тестовата отсечка можеше да се наблюдава значително отмиване на покритието с абразивен характер. Същото в областта на пода имаше ширина до 1 см и се разпространяваше до областта на подпората (виж снимка 167). В областта на страничните връзки отмиването на материала можеше да се различи ясно на обърнатите към струята повърхности, и бе с доста по-голяма форма (виж снимка 169)

Опит на HD-системата (с 20 литра добавка на дребен чакъл)				
			Снимка 167: Натоварване: 60 цикъла- дребен чакъл : 20 I-D4 (5x10°, 5x20°)	
			Снимка 168: Натоварване: 60 цикъла- дребен чакъл : 20 I-D4 (5x10°, 5x20°)	
			Снимка 169: Натоварване: 60 цикъла- дребен чакъл : 20 I-D4 (5x10°, 5x20°)	
Изпитване	Определящо място на промяна на материала	Големина на износването		Наблюдавана повторяемост
	Корпус (S)/връзка (V)/ разклонение (A)	Площ / cm^2 /	Максимална дълбочина /мм/	
Тестване на HD системата	Корпус на тръбата/ връзка/ разклонение	-/до 25/до 50	-2/2	-/редовно/редовно
Забележка:		Голяма част от горепосочените изменения на материала можеха да се наблюдават едва след 30 цикъла на повторение.		

В рамките на тестовите на HD-системата тръбните участъци бяха изправвани и при **стационарно натоварване**, тоест при селективно продължително натоварване чрез една неподвижна дюза на всеки три минути. При това не се забелязваха изменения по материала.

При теста със спускане на дюза в два от три опита при пясъчна възглавница съответно пълно препълване с пясък на тестовата тръба се забелязва преминаваща през дебелината на стената драскотина като косъм чак до тръбната връзка (виж снимка 170 и снимка 171). При един опит се появи едно около 1 см² голямо отминаване без видимо образуване на драскотина на мястото на въздействието (снимка 172).

 Тест със спускане на дюза	
	
Снимка 170: <i>Вътрешен изглед на тръбата</i> Натоварване: 1 спускане на дюза с дюза D1 (4,5кг.) Складиране: пълно препълване	Снимка 171: <i>Външен изглед на тръбата</i> Натоварване: 1 спускане на дюза с дюза D1 (4,5кг.) Складиране: пълно препълване
 Място на въздействието 10 мм	
172: Натоварване: 1 спускане на дюза с дюза D1 (4,5кг.) Складиране: пълно препълване	

5.4.3.2.4 Резюме

Сравними тестове на HD-системата

Сравними тестове на HD-системата (0 и 5 литра добавка на дребен чакъл) не бяха проведени за този продукт.

Допълнителни тестове

При допълнителния тест на HD-системата с 20 литра добавка на дребен чакъл и при опита със спускане на дюза бе забелязано подобно поведение на материала както при изследвания в Раздел 5.4.3.1 продукт от каменна керамика. По тръбните връзки и разклоненията беше отмито гразираното покритие и части от керамичната стена (макс. 2мм). Вследствие на добавянето на дребен чакъл отмиването на чакъла придоби абразивен вид. Спускането на тялото на дюзата от върха (DN 300) върху стената на тръбата предизвика в два от три опита драскотини по стената на тръбата.

5.4.5. Стъклопласт

5.4.5.1 Центрофугално лети тръби отстъклопласт (Hobas Rohre GmbH)

5.4.5.1.1. Описание на продукта и преглед на експеримента

При сравнителните експерименти на HD-системата и допълнителните експерименти (експерименти със струята на дюзата, с изтъркване на дюзата, спускане на дюзата) бяха използвани центрофугално лети канализационни тръби (пластмасови тръби от подсилени стъклени влакна) по DIN 16869, част 1 (68) и част 2 (69) както и DIN 19565 (70) на фирма „Хобас“ (виж Таблица 46).

Таблица 46: Преглед на образците за изпитване, тестове и тестови параметри

Тръби													
					Центробежни канализационни тръби от стъклопласт на фирма „Хобас роре“ ГмбХ Канализационни тръби от центробежна полиестерна смола с подсилени стъклени влакна (UP-GF) по DIN 16869 (68 и 69) както и DIN 19565 (70), без или с едностранно монтиран куплунг (виж Фитинги), номинални стойности DN 300, номинално налягане PN1 (отворен канал) и номинална твърдост SN 10 000 N/m2. Общата дължина на тръбите е 0,5м, 1,0м и 3,0м.								
Снимка 186: Центробежни тръби от стъклопласт, DN 300													
Фитинги													
					Фитинги от центробежна, полиестерна смола от подсилени стъклени влакна (UP-GF) съгласно DIN 19565 (70) на фирма „Хобас роре“ ГмбХ Куплунг от стъклопласт за канализационни тръби с EPDM уплътнение (мембрана), номинално налягане PN1 (отворен канал) съответно PN6 (тръба под налягане) Т-елемент 90° от стъклопласт, номинална ширина DN300/150 (DA324/168) (виж снимка 187) и DN 300/200 (DA324/200),извод остър , PN1(отворен канал), SN 10 000 N/m2 Разклонение 45° от стъклопласт, DN300/150 (DA324/168) и DN 300/200 извод остър , PN1(отворен канал), SN 10 000 N/m2, седлови елементи 90° с ПВХ извод, DN 300/150								
Снимка 187: 90° Т-елемент DN300/150 от стъклопласт													
Метод на тестване		тест на HD-система			тест със струя на дюзите			тест плъзгане на дюзата		тест със спускане на дюзата			
					Единична струя	Промивна дюза							
													
Брой на елементите Тръба/свързващ елемент/ връзка		43/66/41			6/3/3		14/7/-		2/1/-		3/-/-		
Тестова дюза (виж Раздел 4.2)		D1		D2	D4	D20		D1	D2	D1		D1	
Добавка на дребен чакъл (литър/цикъл)		0	5	0	20*	0		0	0	0		0	
Брой на опитите		2	2	1	1	2	3		4	2	1		3

- Не е изследвано (тествано)



Сравними опити на HD-системата с добавка на 0 съответно 5 литра дребен чакъл

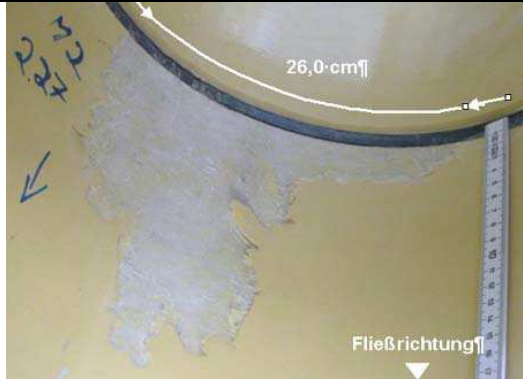
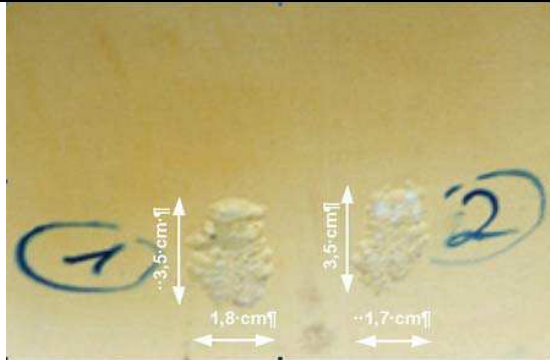
Допълнителни опити послужиха за изолирано наблюдение на факторите на влияние (изтъркване, единична струя HD) и вариация на условията на почистване, като количество утайка, цикли на почистване и характеристики на дюзите (струя на дюзата и ъгъл на дюзата)

*при добавка на 20 л дребен чакъл принципно с 10 допълнителни цикъла, тоест извършени общо 60 почистващи цикъла (сравни Раздел 5.3.)

5.4.5.1.2. Сравними тестове на HD-системата

В рамките на сравнимите експерименти на HD-системата **без добавяне на дребен чакъл** на всичките три експеримента бяха наблюдавани изменения на материала. Разслоявания на малки до големи площи на богатия на смола вътрешен слой (около 10-200 см²) бяха най-значителните и най-често срещаните изменения на материала. Те

се появяваха само в областта на тръбните съединения, по-специално по лицевите повърхности на тръбите, които бяха обърнати към струята на дюзата. Дебелината на износения съответно разслоен слой беше максимум 2 мм и достигаше до вътрешен слой от подсилени стъклени влакна, така че и отделни стъклени влакна бяха изложени (виж снимка 188 и снимка 189). Преобладаващата част от измененията на материала се ограничаваше обаче до отделен сектор през външния свързващ елемент и периферното уплътнение до 4 см дължина на тръбата (снимка 190, Раздел 5.4.5.1.4). В резултат на експеримента на HD-системата с **5 литра дребен чакъл** не се забелязва влияние от натоварването с твърд материал.

 Тест на HD-система без добавка на дребен чакъл)				
				
Снимка 188: Натоварване: 50 цикъла - без дребен чакъл – D1 (8x30°)		Снимка 189: Натоварване: 50 цикъла - без дребен чакъл – D1 (8x30°)		
 Тест на HD-система (с добавка на 5 литра дребен чакъл)				
				
Снимка 190: Натоварване: 50 цикъла- 5л. дребен чакъл –D1 (8x30°)		Снимка 191: Натоварване: 3 минути стационарно –D1 (8x30°)		
Изпитване	Определящо място на промяна на материала Тяло/ връзка/разклонение	Наблюдавана повторяемост	Големина на износването	
			Площ /см ² /	Максимална дълбочина /мм/
Експеримент на HD-система	(V) връзка, изменението на материала се ограничаваше до изолирана област от връзката	13 до 27 (V)	L ос на тръбата <4 см	<2
	(V) връзка, изменението на материала излезе извън изолираната област от връзката (>4 см дължина на тръбата)	7 до 27 (V)	До 200	<2
Забележка:		Една голяма част от измененията на материала можеха да се наблюдават след 30 почистващи цикъла		

В рамките на експеримента с HD-системата тръбните пръти бяха подложени и на **стационарно натоварване**, тоест на селективно продължително натоварване чрез една неподвижна дюза на всеки три минути. Вследствие на това натоварване се наблюдаваше износване на материала на малка площ до 10 см² с дълбочина на износването от максимум 1,5 мм на пода на тръбата. (виж страница 191).

5.4.5.1.3. Повтарящи се експерименти

За да бъдат евентуално потвърдени съответно и квалифицирани горепосочените резултати от експеримента, бяха извършени още два опита на HD-системата без добавяне на дребен чакъл. При тези опити бяха потвърдени резултатите от сравнителните експерименти на HD-системата, и тук можеха да се наблюдават изменения на материала с подобен интензитет като разслоявания с малка до голяма площ на смолистия вътрешен слой.

5.4.5.1.4. Допълнителни опити

Освен сравнителните опити на HD-системата бяха извършени и допълнителни опити с допълнително натоварване, тоест добавяне на 20 литра дребен чакъл на почистващ цикъл и увеличен брой на почистващите цикли на 60. Вследствие на натоварване с твърди вещества износването на материала имаше абразивна форма (виж снимка 192 и снимка 193).



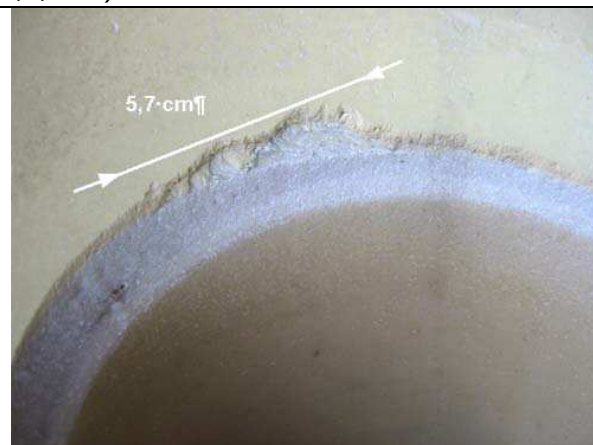
Увеличаване на интензивността на промените спрямо резултатите от експериментите с по-малко съответно без натоварване с дребен чакъл не можа да се констатира. Но по разклоненията се появиха изменения на материала едва след добавянето на дребен чакъл. Там се забелязваше абразия с малка дълбочина (виж снимка 194) и износване на материала на малка площ (виж снимка 195).



Експерименти на HD-системата (с добавяне на 20 литра дребен чакъл на почистващ цикъл)



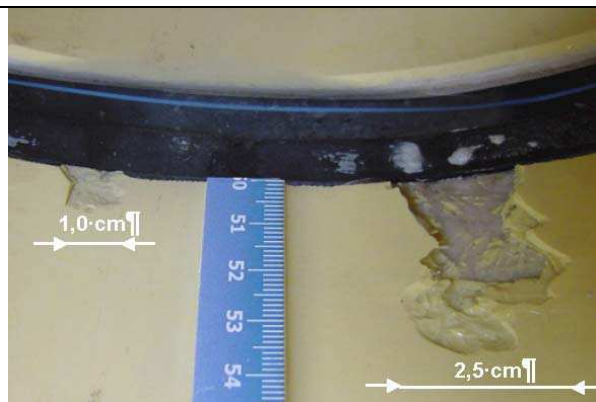
Снимка 194: **Натоварване:** 60 цикъла- дребен чакъл: 20л-D4 (5x10°, 5x20°)



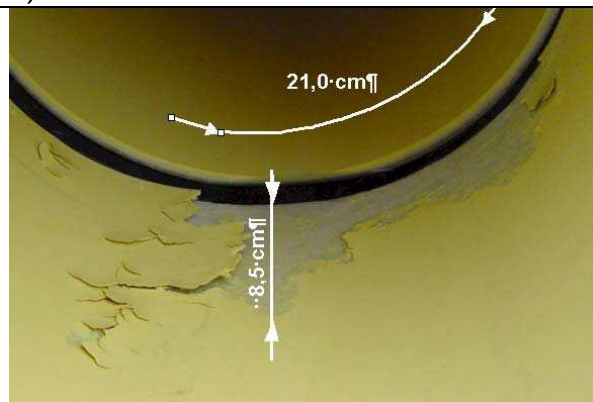
Снимка 195: **Натоварване:** 60 цикъла- дребен чакъл: 20л-D4 (5x10°, 5x20°)

Освен това бе направен и допълнителен тест на HD-системата без добавяне на дребен чакъл с пробна дюза D2 с 10 струи, която разполагаше с два различни ъгъла на струята (5x20°, 5x30°). И след тази ситуация на натоварване можеха да се наблюдават разслоявания на смолиния вътрешен слой на малка до голяма площ (виж снимка 196 и снимка 197).

Експерименти на HD-системата (с пробна дюза D2 (5x20°, 5x30°) без добавяне на дребен чакъл)



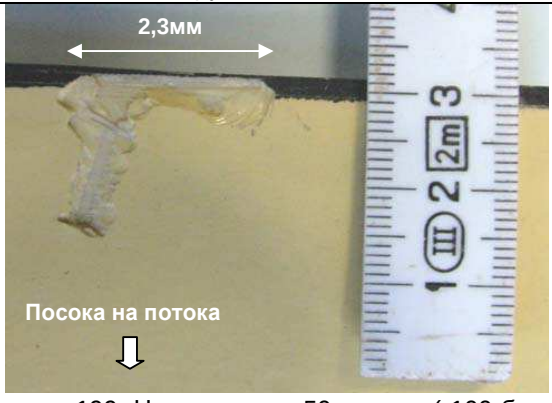
Снимка 196: **Натоварване:** 50 цикъла- без дребен чакъл- D2 (5x20°, 5x30°)



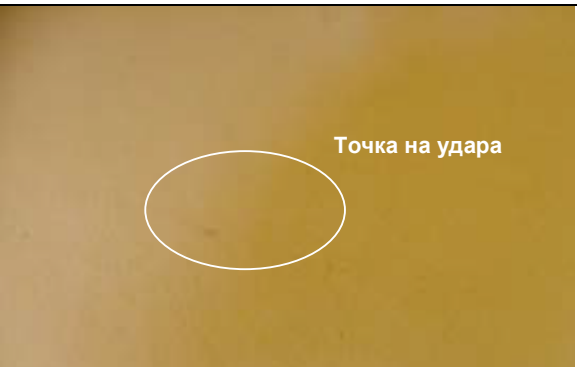
Снимка 197: **Натоварване:** 50 цикъла- без дребен чакъл- D2 (5x20°, 5x30°)

При експеримента със струята на дюзата с HD-единична струя се видя износване на материала в областта на свързването на тръбите с площ от около 10 cm². Максималната дълбочина на износване обаче в сравнение с експериментите на HD-системата беше значителна по-голяма. На ръба на лицевата повърхност на тръбата бе износена цялата дебелина на стената на материала (снимка 198).

При експериментите със HD-промивна струя се появиха подобни изменения на материала , както при експериментите на HD-системата без добавяне на дребен чакъл, но разбира се на по-малка площ (снимка 199).

 Експеримент със струята на дюзата с HD-единична струя		 Експеримент със струята на дюзата с HD-изплакваща струя		
				
Снимка 198: Натоварване: 50 цикъла- D20 (1x30°)		Снимка 199: Натоварване: 50 цикъла (100 бара)- D2 (5x20°, 5x30°)		
Изпитване	Определящо място на промяна на материала Тяло/ връзка/разклонение	Наблюдавана повтораемост	Големина на износването	
			Площ /см ² /	Максимална дълбочина /мм/
Експеримент с HD-единична струя	връзка	3 (V) от 3 (V)	<15	<6
Експеримент с HD-промивна струя	връзка	6 (V) от 7 (V)	<15	<2

След механичните натоварвания на дъното на тръбите при опита **с плъзгане на дюза и опита със спускане на дюза** не можах да се различат никакви изменения на материала (виж снимка 200 и снимка 201)

 Експеримент с плъзгане на дюзата		 Експеримент със спускане на дюзата	
			
Снимка 120: Натоварване: 50 цикъла без вода , пробна дюза D1		Снимка 201: Натоварване: 1 спускане на дюзата, пробна дюза D1 Отлагане: пясъчна възглавница	

Допълнителни експерименти със струята на дюзата с HD-единична струя

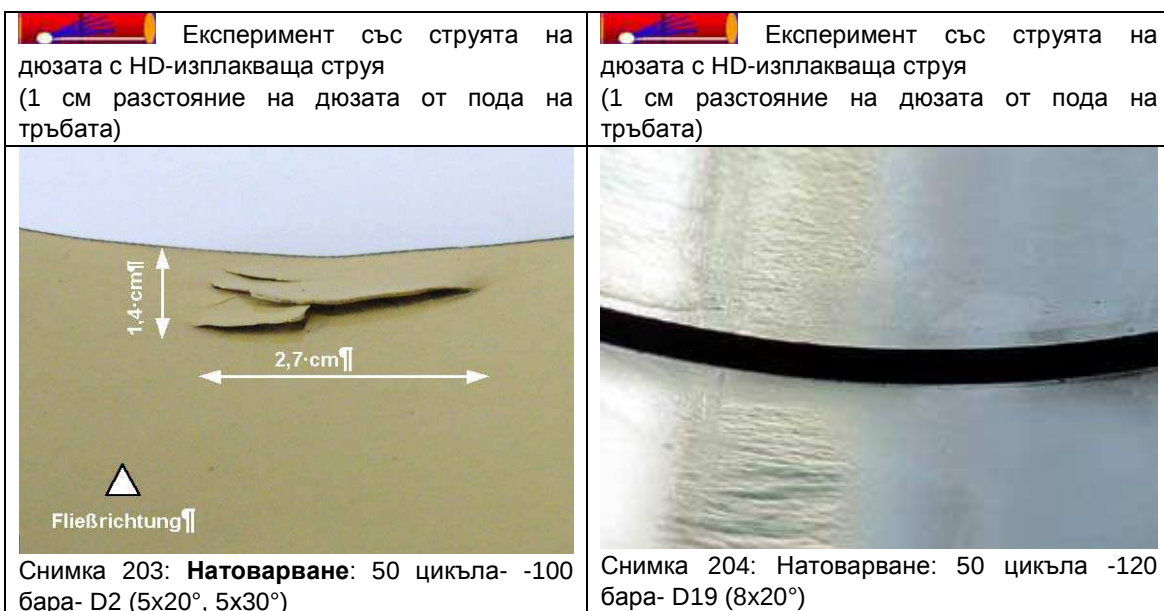
Въз основа на значителните изменения на материала след натоварването със HD-струя бяха направени 20 допълнителни експеримента със струята на дюзата с HD- изплакваща струя в тръбен тестер с различни дюзи, увеличено разстояние на струята и различни налягания на дюзата. За да се настрои определено разстояние на струята, дюзата бе фиксирана на конзолен прът. Разстоянието между долния ръб на тялото на дюзата и пода на тръбата бе около 1 см (снимка 202). В практиката разстоянието на струята може да бъде увеличено и чрез използване на регулатор на дюзата съответно кошница .

За да може да се наблюдава влиянието на малък ъгъл на струята по отношение на при тези експерименти бе използвана и дюза D19 (8x20°) с изключителен малък ъгъл на струята от 20°. (виж Раздел 4.2, Таблица 19)



Снимка 202: Устройство за регулиране на определено разстояние на струята чрез фиксиране на дюзата на конзолен прът, тръбата-образец за изпитването върху завъртащата се маса се движи свободно под дюзата.

Резултатите от експеримента при тези допълнителни експерименти показаха значителни разлики при действието на различни системи от дюзи. По време на експериментите с използването на пробна дюза D2 (5x20°, 5x30°) и при разстояние на дюзата от около 1 см и намалено налягане от 100 бара бяха установени все още значително видими изменения на материала в областта на свързването. (виж снимка 203), след използването на дюза с осем струи D19 с изключително малък ъгъл на струята от 20° и при високо налягане от 120 бара тръбите не показаха значителни изменения (виж снимка 204).

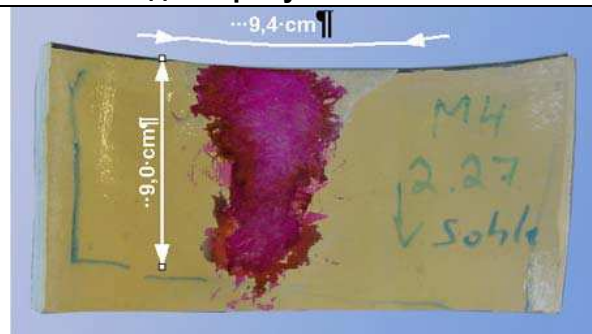


Тест за водонепропускливост и плътност

Водопронепускливостта на материала можеше да бъде изследвана на произволен принцип в областта на видимо износени места на тръбата.

За тази цел бяха отрязани три места от тръбата със значително износване на материала и бяха пресовани от външната страна върху уплътнение, което се свързва с колба. С помощта на вакуумна помпа в колбата беше вкарано ниско налягане от 0,5 бара за време от 15 минути. В началото на теста износената повърхността на вътрешността на тръбата бе поръсена с оцветена вода. Ако след изтичане на времето за пробата няма вода в колбата, съответно по външната страна на отрязъка от тръбата, се счита, че критерия за тестване на тръбата за водонепропускливост е изпълнен. В трите експеримента критериите за тестване бяха постоянно изпълнени и се потвърждава водонепропускливостта на материала в областта на износените места по тръбата (виж снимка 205 и снимка 206)

Тест за водонепропускливост



Снимка 205: стойка 2,27, връзка 4
(вътрешна повърхност на тръбата)



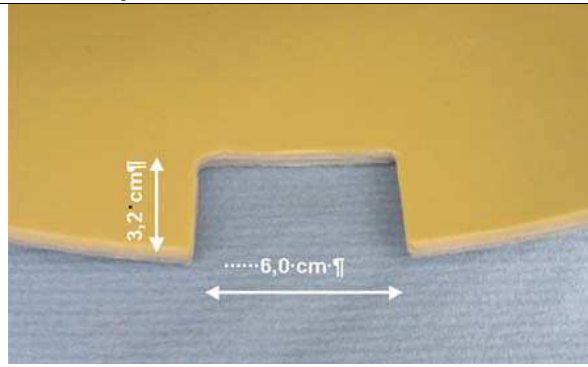
Снимка 206: стойка 2,27, връзка 4
(външна повърхност на тръбата след приключване на теста)

Конструктивно трябва да се очаква, че тръбните връзки независимо от дълбочината на изменението на материала остават плътни, ако тези изменения се намират само в изолираната област на свързващия куплунг. Това бе потвърдено чрез допълнителен тест за плътност (тестване на муфите) на тръбната връзка, от който преди това бе изрязан участък от 3,2 см x 6 см (дължина на тръбата x обиколката) от края на тръбата (виж снимка 208). Засегнатата от това пълно „износване на материала“ тръбна връзка бе проверена за плътност в съответствие на DIN EN 1610 (62) посредством тест за водно налягане от 0,5 бара тоест с 5 м воден стълб. По време на теста не се появи вода по външната страна на тръбата или в областта на свързването.

Тест за плътност на тръбната връзка с участък от тръба



Снимка 207: Сглобени (свързани) корпуси на тръба



Снимка 208: Пробен образец с участък 3,2 см x 6 см на тръбната свързка

Повторно изследване на продуктови модификации

В хода на изследванията Hobas Rohre GmbH разпорежи по-нататъшна разработка на продукта. Качествата на тръбите бяха изменени в няколко стъпки с цел подобрена устойчивост към натоварване на HD-струята. Впоследствие производителят на тръбите поиска от изпитателната служба за продуктите на ИКТ, Гелзенкирхен експеримент на HD-системата с добавяне на дребен чакъл на модифицираните тръби. Резултатите бяха систематизирани в обширен доклад от теста за възложителя. (84)

В обобщението на резултатите бе наблюдавано по модифицираните тръби на две от три тръбни връзки точковидно износване на материала с малък размер (около 4 x 11 см) (виж снимка 209). Износването на материала се разпростираше по ръба на лицевата повърхност на тръбата през смолистия износен слой. Обаче не бяха разкрити никакви стъклени влакна.

В допълнение по модифицираните тръби бяха извършени три стационарни натоварвания през три минути с 120 ± 3 бара на стационарната дюза. В два от случаите визуално не бяха установени никакви изменения. Третото стационарно натоварване доведе до износване на материала с около 5 мм по дължина (в оста на тръбата) и около 3 мм на ширина по дъното на тръбата. Разкрити влакна не бяха установени (виж снимка 210).



Освен това бяха извършени два експеримента със струята на дюзата с HD-единична струя в съответствие с DIN V 19517 (42) на модифицираните тръби . В първия случай на 46-тия почистващ цикъл , след 45 натоварвания в една и съща следа на промиването останали без видими изменения, се появи значително изменение на материала във формата на разслоена повърхност от около 35x45 мм (виж снимка 211).

При втория опит след приключване на 50 почистващи цикъла се появи малко износване на материала от около 4x12мм. Разкрити влакна не бяха установени в този случай. (виж снимка 212).



5.4.5.1.5 Резюме

Сравними експерименти на HD-системата

При сравнимите експерименти на HD-системата (0 и 5 литра добавяне на дребен чакъл, 50 почистващи цикъла) на отделни тръбни връзки видимо беше износен, така че зони от влакната бяха разкрити. Вследствие на добавянето на дребен чакъл (5 литра) износването на материала придоби абразивна форма с подобна площ и дълбочина.

Повторни експерименти

В рамките на повторните експерименти бяха потвърдени резултатите от сравнимите експерименти на HD-системата, и тук можеха на се наблюдават изменения на материала в зоната на свързването с подобен интензитет като малки до големи разслоявания на смолистый вътрешен слой.

Допълнителни експерименти

При допълнителния експеримент на HD-системата, тоест 20 литра добавяне на дребен чакъл и 10 допълнителни почистващи цикъла (общо 60 цикъла), се установиха подобни изменения на материала както при сравнителния експеримент на HD-системата с 5 литра дребен чакъл. Повишаване на интензитета на измененията на материала не можеше да се установи. При експериментите със струята на дюзата с HD-промивна струя и HD-единична струя принципно бяха потвърдени наблюденията от сравнителните експерименти на HD системата без добавяне на дребен чакъл. Разбира се допълнителните експерименти със струята на дюзата с HD- изплакваща струя при разстояние на струята от дъното на тръбата от около 1 см показаха значителни разлики в действието на различни системи от дюзи.

По време на използването на дюзи с голям ъгъл на струята (дюза D2, 5x30°, 5x20°) се появиха видими изменения по тръбните връзки, тръбите след използването на дюза с относително малък ъгъл на струята от 20° почти не показаха изменения и при високо налягане от 120 бара. При експеримента с плъзгане и спускане на дюзата пробните тела се оказаха устойчиви към механичното натоварване чрез дюза.

Допълнителни изследвания на модифицирани образци за изпитване

Обобщаващото наблюдение на резултатите от тестове с модифицираните образци за изпитване показва, че в този случай значително е била подобрена устойчивостта към натоварвания с HD-струя както и при експериментите на HD-системата и тези със струята на дюзата с HD-единична струя.

5.4.5.2. Спирално навити тръби от стъклопласт „Амитех Германия“ (Amitech Germany GmbH)

5.4.5.1.1. Описание на продукта и преглед на експеримента

За потвърждаване съответно класифициране на наблюдаването в Раздел 5.4.5.1. поведение на материала експериментите на HD-системата върху тръбопроводите на друг продукт от стъклопласт бяха повторени и бяха извършени допълнителни опити (експеримент на HD- системата с пробна дюза D2, експерименти със струята на дюзата с пробна дюза D1 както и опити с плъзгане и спускане на дюзата). При това бяха използвани навити тръби от стъклопласт (тръби от полиестерна смола с подсилени стъклени влакна) по DIN 16868, част 1 (71) и част 2 (72) както и DIN 19565 (70) на фирма „Амитех Германия“ (виж Таблица 47).

Таблица 47: Преглед на образците за изпитване, тестове и тестови параметри

Тръби										
				Канализационни тръби от стъклопласт Flowtite на фирма „Амитех Германия“ Гмбх Канализационни тръби от полиестерна смола подсилени с навити стъклени влакна (UP-GF) по DIN 16868 (71 и 72) и DIN 19565 (70), без или със едностранно монтирана муфа (виж Фитинги), номинален размер DN 300, номинално налягане PN1 (отворен канал) и номинална твърдост SN 10 000 N/m ² със запечатани ръбове по повърхността на тръбата. Общата дължина на тръбите е 6м.						
Снимка 213: Навити тръби от стъклопласт, DN 300										
Фитинги										
				Фитинги от навита, полиестерна смола от подсилени стъклени влакна (UP-GF) съгласно DIN 16868 (71 и 72) и DIN 19565 (70) РЕКА Куплунг за Flowtite канализационни тръби (виж и снимка 213) с EPDM уплътнения (мембрана), и ограничителен пръстен за Flowtite канализационни тръби Свързващ крайник от стъклопласт DN150 (виж снимка 214), директно ламиниран, 45° и номинално налягане PN1 (отворен канал) Съединения от стъклопласт без или с едностранно поставен куплунг, номинална ширина DN 150, номинално налягане PN 1 (отворен канал), и номинална твърдост SN 10 000 N/m ² . Общата дължина на съединенията е 1 м.						
Снимка 214: 45° адаптер DN150 от стъклопласт										
Метод на тестване		Експеримент на HD-система			Експерименти със струя на дюзите			Експеримент с плъзгане на дюзата		Експеримент със спускане на дюзата
					Единична струя		Промивна дюза			
Брой на елементите		11/8/12			-		24/12/-		14/7/-	
Тръба/свързващ елемент/ връзка										
Тестова дюза (виж Раздел 4.2)		D1	D2	D4	D20	D1	D2	D1		D1
Добавка на дребен чакъл (литър/цикъл)		0	5	0 ¹	20 ²	0	0	0	0	
Брой на опитите		2	-	1	-	-	5	-	7	
									3	

- Не е изследвано (тествано)

■ **Сравними опити на HD-системата с 0 съответно 5 литра добавка на ситен чакъл**

□ **Повторните експерименти** послужиха за потвърждение съответно релативизиране на отделни наблюдения на същия или на друг продукт от същата група материали.

■ **Допълнителни експерименти** послужиха за изолирано наблюдение на факторите на влияние (изтъкване, единична струя HD) и вариация на условията на почистване, като количество утайка, цикли на почистване и характеристики на дюзите (струя на дюзата и ъгъл на дюзата)

1 30 почистващи цикъла извършени (виж Раздел 5.3)

2 При добавяне на 20л дребен чакъл по принцип с 10 допълнителни цикъла, тоест общо 60 почистващи цикъла извършени (виж Раздел 5.3)

5.4.5.1.2. Сравними тестове на HD-системата

За гореописания продукт не бяха извършени сравнителни експерименти на HD- системата.

5.4.5.2.3. Повторни експерименти

За потвърждение съответно класифициране на наблюдаваното в Раздел 5.4.5.1. поведение на материала върху друг продукт от същата група материали бяха извършени общо два повторни експеримента с използвания тук продукт като експеримент на HD-системата с добавяне на дребен чакъл. При обобщението на двата експеримента при 3 от 6 тръбни съединения бе установено малко износване на материала в областта на лицевата повърхност на тръбата , която е обърната към струята на дюзата. Износените повърхности имат големина от около 3 до 25 cm² и максимална дълбочина от 2,0 mm. Смолият вътрешен слой е износен на места при това, така че влакната на носещия слой се бяха разкрили (виж снимка 215). По повърхността на разклоненията оптически не бяха установени изменения на материала (виж снимка 216 и снимка 217).



Снимка 215: **Натоварване:** 50 цикъла- без дребен чакъл- дюза D1 (8x30°), вдясно уголемено изображение

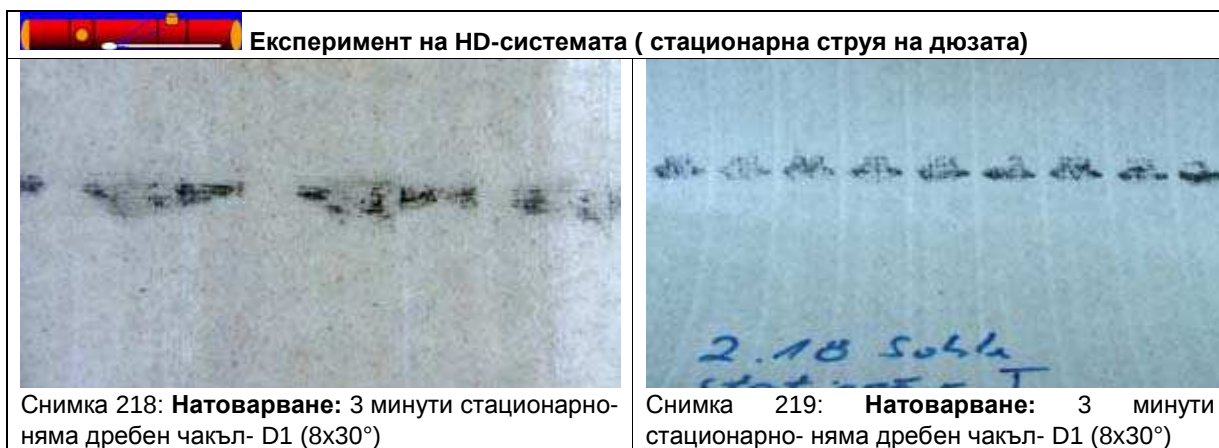


Снимка 216: **Натоварване:** 50 цикъла- без дребен чакъл –D1 (8x30°),

Снимка 217: **Натоварване:** 50 цикъла- без дребен чакъл –D1 (8x30°),

Изпитване	Определящо място на промяна на материала Тяло/ връзка/разклонение	Големина на износването		Наблюдавана повторемост
		Площ /cm ² /	Максимална дълбочина /mm/	
Експеримент на HD-система	(V) връзка, изменението на материала се ограничаваше до изолирана област от връзката	<25	<2	3(V) до 6 (V)
Забележка:	След тестовите натоварвания бяха се разкрили влакната от стъкло текстил чрез износването на материала			

В рамките на експеримента с HD-системата тръбните тела бяха подложени и на **стационарно натоварване**, тоест на селективно продължително натоварване чрез една неподвижна дюза на всеки три минути. Вследствие на това натоварване оптически не бяха открити никакви изменения по повърхността на тръбата (виж снимка 218 и снимка 219). Видимите черни оцветявания по снимките са резултат от износването на материала на маркуча за прочистване.



5.4.5.2.4. Допълнителни експерименти

Освен повторните експерименти бе извършен и един експеримент на HD-системата с пробна дюза D2 и 30 почистващи цикъла без добавяне на дребен чакъл. В резултат на това не се наблюдаваха значителни изменения на материала след това пробно натоварване (виж снимка 222 и снимка 221).



В рамките на експеримента на струята на дюзата с HD-изплакваща струя се извърши натоварването с пробна дюза D1, която разполага с 8 накрайника под ъгъл на струята от 30°. При това се установи също на две от пет тръбни връзки износване на материала (виж снимка 222). Формата на наблюдаваните изменения на материала е сравнима с резултатите от експеримента на HD-системата. За да се потвърди влиянието на броя на почистващите цикли, в извънреден тест бе завишено натоварването на 100 почистващи цикъла.

Износената повърхност се увеличи чрез абразивно изражение, разбира се общата площ не надвиши вече наблюдаваната в експериментите на HD-системата при 50 почистващи цикъла. (виж снимка 223).



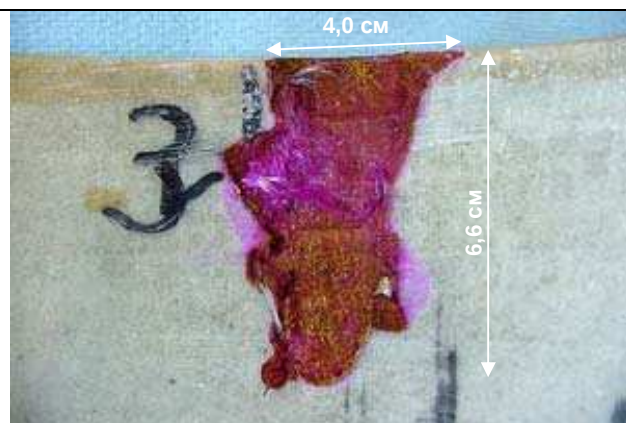
След експеримента с плъзгане и спускане на дюза оптично не можах да се установят изменения на материала.

Таблица 48: Материал след механично натоварване с дюза



Водонепропускливост и плътност

Трите места на тръбата със значително износване на материала при експериментите на HD-системата бяха изрязани от ръбата и бяха изпробвани по отношение на тяхната водонепропускливост (виж също Раздел 5.4.2.). При останалите три теста бяха изпълнени критериите за водонепропускливост (виж снимка 226 и снимка 227).

Тест за водонепропускливост

Снимка 226: място: стойка 2.17, тръба с муфа 3 (вътрешна повърхност на тръбата)

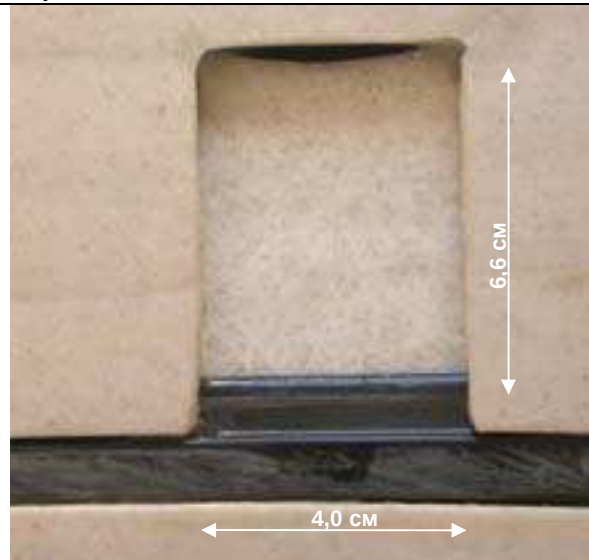


Снимка 227: място: стойка 2,17, тръба с муфа 3 (външна повърхност на тръбата след приключване на теста)

Конструктивно трябва да се очаква, че тръбните връзки независимо от дълбочината на изменението на материала остават плътни, ако тези изменения се намират само в изолираната област на свързващата муфа. Това бе потвърдено чрез допълнителен тест за плътност (тестване на муфите) на тръбната връзка, от който преди това бе изрязан участък от 4,0 см x 6,6 см в областта на припокриване на свързващата муфа (виж снимка 229). Засегнатата от това пълно „износване на материала“ тръбната връзка бе проверена за водоплътност в съответствие на DIN EN 1610 (62) посредством тест за водно налягане от 0,5 бара тоест с 5 м воден стълб. По време на теста не се появи вода по външната страна на тръбата или в областта на свързването. При настоящите HD-тестове с натоварване в никакъв случай не бяха установени износени повърхности по тръбните връзки, които да надминават определения тук размер от 4,0x6,6 см.

Тест за плътност на тръбната връзка с участък от тръба

Снимка 228: Тестова конструкция



Снимка 229: Тестов образец с участък от тръба с муфа

5.4.5.1.5 Резюме

Сравними експерименти на HD-системата

Не бяха извършени сравнителни експерименти на HD-системата (2 опита без добавяне на дребен чакъл и един опит с добавяне на 5 л. дребен чакъл) за този продукт.

Повторни експерименти

За потвърждение съответно класифициране на наблюдаваното в Раздел 5.4.5.1. поведение на материала върху друг тръбен продукт от същата група материали бяха извършени отделни експерименти на HD-системата върху представения тук продукт. При два експеримента на HD-системата без добавяне на дребен чакъл на отделни тръбни връзки материалът бе значително износен, така че участъците с влакната бяха разкрити.

Допълнителни експерименти

При експериментите със струята на дюзата с HD-изплакваща струя по принцип бяха потвърдени горните наблюдения от повторните опити. И тук на отделни тръбни връзки материалът бе значително износен, така че участъците на влакната бяха разкрити. За сравнение износването на материала обаче бе на по-малка площ ($< 3\text{cm}^2$). При един експеримент на HD-системата с пробна дюза D2 и 30 цикъла на натоварване без добавка на дребен чакъл не бяха установени значими изменения на материала. При експеримента с плъзгане и спускане на дюзата пробните тела се оказаха устойчиви на механично натоварване от тялото на дюзата.

5.4.6. РЕHD (ПЕВП) тръби

5.4.6.1. Тръби с твърди стени от РЕHD (ПЕВП) („АГРУ-ФРАНК“)

5.4.6.1.1. Описание на продукта и преглед на експеримента

В областта на материала ПЕВП бяха извършени тестове върху тръби с твърди стени. При това в рамките на сравнителните експерименти на HD-системата бяха използвани твърдостенни тръби с гладки стени от ПЕ 80 (тръби от полиетилен с висока плътност) за канализации и тръбопроводи по DIN 19537 (73, 74), DIN 8074 (75) и DIN 8075 (76) с номинален размер DN 300 на производителя „АГРУ-ФРАНК“. (виж Таблица 49)

Таблица 49: Преглед на образците за изпитване, тестове и тестови параметри

Тръби									
				Екструдирани канализационни тръби от ПЕВП на фирма „Агру-Франк“ Гмбх, тръба по DIN 19537-DN 300x6-4, Твърдостенни тръби с гладки стени от ПЕ 80 (тръби от полиетилен с висока плътност), номинален размер DN 300, $d^1=20.1$ mm, SDR 17.6, PN 6 за канализации по DIN 19537 (73, 74), DIN 8074 (75) както и 8075 (76) със светло вътрешно покритие. Общата дължина възлиза на 6,0м. Всеки 2 тръбни връзки са изработени на челна заварка. Когато е направена връзката е бил отстранен вътрешния ръб. Третата връзка беше изработена с електродифузно заваряване.					
Снимка 230: Канализационни тръби от PE 80									
Фитинги									
				Електродифузна заварка от PE 100, SDR11, PN16, в съответствие с DIN 16963 част 5 (85) за горепосочените PE-HD тръби. Заварени на 90° и съответно на 45° странични отвори от твърдостенни гладки тръби от PE 80 (тръби от полиетилен с висока плътност), $d_1=160$ mm, $s=9.1$ mm, SDR 17.6 по DIN 19537 (73,74), DIN 8074 (75) както и DIN 8075 (76) със светло вътрешно покритие (виж снимка 231).					
Снимка 237: PE 80 странични отвори									
Метод на тестване	Експеримент на HD-система			Експерименти със струя на дюзите			Експеримент с плъзгане на дюзата	Експеримент със спускане на дюзата	
				Единична струя	Промивна дюза				
									
Брой на елементите Тръба/свързващ елемент/ връзка	12/9/12			-	-		-	-	
Тестова дюза (виж Раздел 4.2)	D1	D2	D4	D20	D1	D2	D1	D1	
Добавка на дребен чакъл (литър/цикъл)	0	5	0	20 ¹	0	0	0	0	
Брой на опитите	2	1	-	-	-	-	-	-	

- Не е изследвано (тествано)



Сравними опити на HD-системата с 0 съответно 5 литра добавка на ситен чакъл

Допълнителни експерименти послужиха за изолирано наблюдение на факторите на влияние (изтъркване, единична струя HD) и вариация на условията на почистване, като количество утайка, цикли на почистване и характеристики на дюзите (струя на дюзата и ъгъл на дюзата)

1 При добавяне на 20л. ситен чакъл основно с 10 допълнителни цикъла, т.е. общо 60 извършени цикъла за почистване (виж Раздел 5.3)

5.4.6.1.2. Сравними експерименти на HD- системата В рамките на два сравними експеримента на HD-системата без дребен чакъл можеха да се установят само леки следи от плъзгане по пода на тръбата на местата на връзките след натоварването с подвижна струя на дюзата.

След добавяне на 5 л. дребен чакъл на почистващ цикъл износването на пода на тръбата и по тръбните връзки в сравнение с резултатите без добавяне на дребен чакъл бе по-изразена. По-специално стената на тръбата в близост до станцията за добавяне на дребен чакъл и зоната на присъединяването на съответните разклонения бе леко полирана. Износването на материала при това беше под 1 мм.

В рамките на експеримента с HD-системата тръбните пръти бяха подложени и на **стационарно натоварване**, тоест на селективно продължително натоварване чрез една неподвижна дюза на всеки три минути. Вследствие на това натоварване не се появиха видими изменения на материала.

Измененията на материал можеха да бъдат установени едва чрез ТВ-инспекция. Те можеха да се различат едва чрез непосредствена инспекция на повърхностите на елементите след отрязване на пробното тяло.

 Експеримент на HD-системата (без добавяне на дребен чакъл)				
				
Снимка 232: Натоварване: 50 цикъла- без дребен чакъл –D1 (8x30°)		Снимка 233: Натоварване: 50 цикъла- без дребен чакъл –D1 (8x30°)		
 Експеримент на HD-системата (с добавяне на 5 литра дребен чакъл на цикъл)				
				
Снимка 234: Натоварване: 50 цикъла- дребен чакъл: 5л –D1 (8x30°)		Снимка 233: Натоварване: 50 цикъла- дребен чакъл: 5л –D1 (8x30°)		
Изпитване	Определящо място на промяна на материала	Наблюдавана повтораемост	Големина на износването	
			Площ /см ² /	Максимална дълбочина /мм/
Експеримент на HD-системата	Връзка/ разклонение	редовно	Нередовно	Леко полирано
*Забележка:-				

5.4.6.1.3. Резюме

Сравнителни експерименти на HD-системата

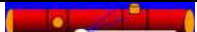
При сравнимите експерименти на HD-системата (0 и 5 литра добавяне на дребен чакъл, 50 почистващи цикъла) на отделни тръбни връзки и разклонения се установи износване на материала от макс. 1 мм дълбочина. Измененията на материала се установиха едва при ТВ-инспекция. Те можеха да се различат едва чрез непосредствена инспекция на повърхностите на елементите след отрязване на пробното тяло.

5.4.6.2. Твърдостенни тръби от PE-HD („Егелпласт Вернер Щруман Гмбх и Ко КД)

5.4.6.1.1. Описание на продукта и преглед на експеримента

В допълнение на представените в Раздел 5.4.6.1. тестове върху тръбен продукт от PE-HD на друг производител бяха извършени долуописаните допълнителни експерименти. При това бяха използвани гладки твърдостенни тръби от PE 80 (тръби от полиетилен с висока плътност) за канали и тръбопроводи за отпадъчни води съгласно DIN 19537 (73, 74), DIN 8074 (75) и DIN 8075 (76) на производителя „Егелпласт Вернер Щруман Гмбх и Ко КД (виж Таблица 50). Бяха изпълнени експерименти на HD-системата с увеличена добавка на дребен чакъл съответно и завишен брой на почистващите цикли и експерименти със струята на дюзата с интензивна HD-единична струя както и опити със спускане на дюза.

Таблица 50: Преглед на образците за изпитване, тестове и тестови параметри

Тръби										
				PE-HD тръба, „Енгелпласт SL- (Safety-Line) канализационни тръби Гладки твърдостенни тръби от PE 80 (тръби от полиетилен с висока плътност), de= 315x17.9 mm (експерименти на HD-системата) и de= 355*20,1 mm (експеримент със струята на дюзата с HD-единична струя), SDR 17,6, PN 06 за канали и тръбопроводи за отпадъчни води съгласно DIN 19537 (73, 74), DIN 8074 (75) и DIN 8075 (76) със светло вътрешно покритие. Дължина: 6.0 м, 3.0 м ^{*1} , 1 1.0 м ^{*1}						
Снимка 236: SL- канализационна тръба с електрозаварена муфа										
Фитинги/ свързващи елементи										
				Канализационна система FRIAFIT на „ФРИАТЕК“ АД Муфа на електрозаварка Friafit AM, SDR17, PE100 по DIN 19537 (73, 74), за PE-HD тръби DA 315 и DA355 (виж снимка 236). Седло на електрозаварка FRIAFIT ASA-TL d=315/160 и d=355/160 от PE 100						
Снимка 237: Friafit ASA TL седло с електрозаваряване										
Метод на тестване		Експеримент на HD-система			Експерименти със струя на дюзите			Експеримент с плъзгане на дюзата	Експеримент със спускане на дюзата	
					Единична струя	Промивна дюза				
										
Брой на елементите Тръба/свързващ елемент/ връзка		10/8/8			6/3/2	-		-	3/-/-	
Тестова дюза (виж Раздел 4.2)		D1		D2	D4	D20		D1	D2	D1
Добавка на дребен чакъл (литър/цикъл)		0	5	0	20*2	0		0	0	0
Брой на опитите		-	-	-	2	3		-	-	3

- Не е изследвано (тествано)

■ **Сравними опити на HD-системата с 0 съответно 5 литра добавка на ситен чакъл**

□ **Допълнителни експерименти** послужиха за изолирано наблюдение на факторите на влияние (изтъркване, единична струя HD) и вариация на условията на почистване, като количество утайка, цикли на почистване и характеристики на дюзите (струя на дюзата и ъгъл на дюзата)

*1 няма стандартни общи дължини, пробните образци бяха нарязани на необходимите дължини

*2 При добавяне на 20л дребен чакъл по принцип с 10 допълнителни цикъла, тоест общо 60 почистващи цикъла извършени (виж Раздел 5.3)

5.4.6.2.2. Сравнителни експерименти на HD- системата

За гореописания продукт не бяха извършени сравнителни експерименти на HD-системата (2 експеримента без добавка на дребен чакъл и един опит с 5 литра добавен дребен чакъл)

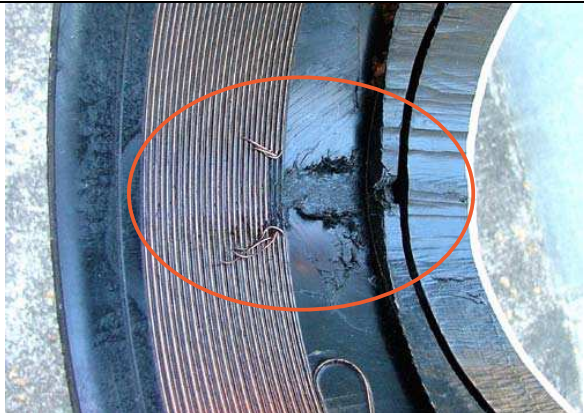
5.4.6.2.3. Допълнителни опити

При двата експеримента на HD-системата с допълнително натоварване чрез добавяне на дребен чакъл от 20 л. на почистващ цикъл и 10 допълнителни почистващи цикъла (общо 60 цикъла) се установиха леки следи от изтъркване и изолирано и точкообразно износване на материала от максимум 1 мм дълбочина. По-специално в областта на мястото на добавяне на дребен чакъл се наблюдаваше леко загрубяване на стената на тръбата през обиколката на тръбата. Тръбните челни съединения показаха в областта на пода, на страната, обърната към струята на муфата, леко износване на материала на малка площ (виж снимка 239). Леко износване на материала се забелязваше и в областта на свързването на електрозаваряемото седло за ръбовете на отворите. То се разпростираше с ширина 0,5см през цялата дължина на обиколката от около 20 см (виж снимка 240 и снимка 241).

В рамките на експеримента с HD-системата тръбните тела бяха подложени и на **стационарно натоварване**, тоест на селективно продължително натоварване чрез една неподвижна дюза на всеки три минути. Вследствие на това натоварване оптически не се наблюдаваха никакви изменения на материала

Експеримент на HD-системата (с добавяне на 20л. дребен чакъл на цикъл)				
Снимка 238: Натоварване: 60 цикъла- дребен чакъл : 20л-D4 (5x10°, 5x20°)		Снимка 239 Натоварване: 60 цикъла- дребен чакъл : 20л-D4 (5x10°, 5x20°)		
Експеримент на HD-системата (с добавяне на 5 литра дребен чакъл на цикъл)				
Снимка 240: Натоварване: 60 цикъла- дребен чакъл : 20л -D4 (5x10°, 5x20°)		Снимка 241: Място: детайлен поглед на снимка 240		
Изпитване	Определящо място на промяна на материала	Големина на износването		Наблюдавана повтораемост
		Площ /cm ² /	Максимална дълбочина /мм/	
Експеримент на HD-системата	Връзка/ разклонение	10	1	редовно
*Забележка:-				

При **експериментите със струята на дюзата с HD-единична струя** в областта на корпуса на тръбата и връзките оптически не можаха да бъдат установени изменения на материала. При всичките три извършени теста обаче още след първите цикли на натоварване можеше да се различи теч по заварените елементи на седлото чрез видима поява на теч. В областта на ръба на изрязана част от тръбата в мястото на отвора и на непокритата по време на теста зона на заварката ясно се различаваше износване на материална (виж снимка 242). Остава открит въпросът, дали течовете са съществували още при монтирането на седловите елементи, тоест преди натоварването с промивната струя.

Експеримент със струята на дюзата с HD-единична струя				
				
Снимка 242: Натоварване: 50 цикъла -D20 (1x30°)		Снимка 243: Натоварване: 50 цикъла -D20 (1x30°)		
Изпитване	Определящо място на промяна на материала	Големина на износването		Наблюдавана повторваемост
		Площ /см ² /	Максимална дълбочина /мм/	
Експеримент на HD-системата	Разклонение (A)		1	редовно
Забележка:-		По външната страна на тръбата в областта на седлото явно появяваща се вода по време на теста с HD-единична струя на дюзата		

При **опита със спускане на дюзата**, след механично натоварване на дъното на тръбата чрез спускане на дюзата от върха (DN 300) върху дъното на тръбата, оптически не бяха открити никакви изменения на материала

Експеримент със спускане на дюзата
 Място на удара
Снимка 244: Натоварване: 1 спускане на дюзата, дюза D1 (4,5кг.) Отлагане: пясъчна възглавница

5.4.6.2.4. Резюме

Сравнителни експерименти на HD-системата

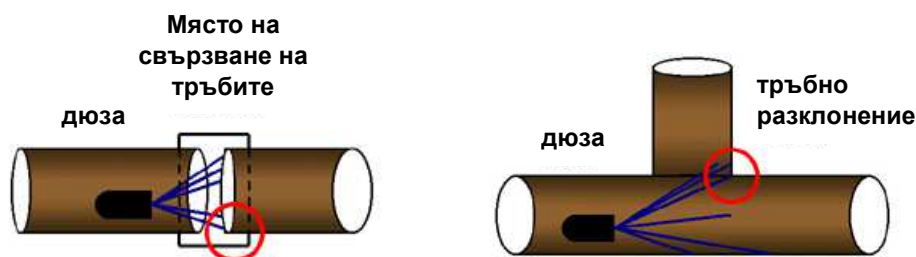
За този продукт не бяха проведени сравнителни експерименти на HD-системата.

Допълнителни експерименти

При двата допълнителни експеримента на HD-системата с добавяне на 20 л. дребен чакъл и 10 допълнителни почистващи цикъла (общо 60) по отделни тръбни връзки се установи износване на материала от максимум 1 мм. При експериментите със струята на дюзата с HD-единична струя и екстремни почистващи параметри тези наблюдения за стената на тръбата бяха по принцип потвърдени. Обаче в областта на връзката на електрозаваряемите седла се установиха очевидни изменения на материала. Освен това се установиха течове по седловите елементи. Разбира се остава отворен въпросът, дали тези течове са съществували още след монтирането на седловите елементи, тоест преди натоварването с промивна струя. В производствената практика трябва да се изходи от това, че HD-струята попада едва след значително по-дълъг път на струята върху страничната връзка (виж 8 мм разстояние на струята при теста с HD-единична струя). При експеримента със спускане на дюзата пробните образци се оказаха устойчиви на механичното натоварване от дюзата.

5.5. Заключение

Резултатите от експериментите за натоварване на материалите за тръби показват, че при обичайните условия на прочистване на изследваните продукти, се появяват частично забележими изменения на материала. Интензивността на износване се разпростираше от леки следи от изтъкване до значителни изменения с риск за плътността. Специфичните точки на атакуване се намират очевидно на дъното на тръбните връзки и по страничните връзки, тъй като там частите от повърхността са обърнати директно към струята на дюзата (виж снимка 264). Често се появяват изменения на материала едновременно в областта на тръбните съединения и връзките по страничните входи, и са тенденциозно по-силно изразени в областта на долната част на съединението (виж Раздел 5.4.2 до 5.4.7)



Снимка 264: Специални точки на атакуване за изменения на материала, тръбна връзка (вляво), странична връзка (вдясно)

На мрежовите оператори, които искат да избегнат наблюдаваните въздействия по време на прочистване на канализацията, се препоръчва, да пригледат **процеса на прочистване** евентуално чрез променен избор и използване на почистващи инструменти, за да щадят **материала за тръбите**. При това се предлагат следните **основни изходни пунктове (места за залагане)**:

- Още при планирането на прочистването на канализационните мрежи трябва да се идентифицират определени рискове за мрежата. Към тях се причисляват по-специално отсечки, които едва при инспекцията са показали специални точки на атакуване при HD-почистването, като например крехки повредени места, отклонения и ревизионни отвори.
- Като основа **при избора на дюза** трябва да се има предвид **целта на прочистване**, тоест дали наред с услугата за транспортиране се изисква и разтварящ ефект на дюзите. Ако на предна линия е поставено само транспортирането, би трябвало по възможност да се използват дюзи с плоски ъгли на струята (по-малък от 20°) или дюзи с ежекторно действие. Ако се използват агресивни дюзи, чрез контрол на произволен принцип на отделни канализационни системи (паралелна ТВ-инспекция) ще трябва да се проверява действието на доставените системи от дюзи на тръбите, на технологията на свързване при обичайните условия на прочистване.

- Нежелани изменения на материала често могат да се избегнат вече **чрез увеличаване на разстоянието на струята** от стената на тръбата, например чрез използването на регулатор на дюзата.
- По принцип обичайните задачи по прочистването могат надеждно да се решават с **налягане под 120 бара**. През редовен контрол на мощностите (виж Раздел 3.3) може да се установи и прецени действието на избраните диаметри на вложката на дюзата, мощността на помпите и дължините на маркучите върху дебита и налягането на дюзата.

Рискове за мрежата могат вече значително да се намалят многократно чрез прости **оперативни мерки**:

- **При пускане на дюзите** в канала трябва да се избягва удряне в стените на шахтата или на тръбата.
- **Скоростта на дюзата** трябва да се следи. Свободен ход на дюзата трябва да се изключи при всички случаи.
- Чрез непрекъснат контрол на наляганията на помпата и кореспондиращите обороти на двигателя могат да се установят нередности. Така може да се констатира повишаване на налягането от запущвания на крайниците на дюзите и с това опасността от прекомерно агресивни HD-струи. Ниски налягания на помпата могат от друга страна да се спрат върху износените крайници на дюзите с липсващо разтварящо действие.
- Налягането на помпата трябва по възможност бавно да се връща, за да се изключи падане на тялото на дюзата върху стената на тръбата.
- Във всеки случай се препоръчва **наблюдение на водата за промиване**, за да се открие навреме евентуално навлизане при вече съществуващи повреди по канализацията.

С поглед към използвания метод на тестване, чието действие и област на приложение могат да се обобщят в следните заключения:

- Важните в практиката видове на основно натоварване (HD-струя, твърди вещества, плъзгане, спускане) могат да се забележат чрез петте използвани методи на изпитване в рамките на плана.
- За идентифициране на влиянията от HD-почистването върху различни тръбни продукти се предлагат изпитания на HD-системите. Експериментите на системите позволяват едновременно симулиране на няколко вида основно натоварване в практиката. В този случай имаме обща система от тръби, тръбни съединения, след това и свързващи елементи и допълнителни връзки чрез дюза и маркуч, въздействащи водни струи и завихрения.

- При **експериментите със струя на дюзата с HD-единична струя** в отделни случаи се установиха значителни отклонения спрямо наблюденията от тестовете на HD-системата. По-специално уплътнителните системи в зоната на връзката бяха значително повече натоварени поради малкото разстояние на струята (около 1 см), отколкото трябва да се очаква на практика.
- Интензивността на измененията на материала бе едва едва повлияна от добавянето на дребен чакъл при тестовете на HD-системата. Износените повърхности по принцип получиха абразивна форма. Често едва при 20 литра добавка на дребен чакъл в рамките на допълнителните опити можеше да се установи влияние.
- От опитите с плъзгане не можаха да се направят съществени констатации за изследваните групи материали. При експеримента със спускане на дюзата само при няколко продукта се установиха видими изменения на материала.

След всичко това може да се каже, че процесът по прочистването, използваната техника и обучаването на персонала предлагат многобройни изходни точки за щадящо и следователно безвредно прочистване на мрежата. Освен това в отделни случаи може да се оптимизира и поведението на материала от производителите на тръби по отношение на почистването на каналите. При това обаче трябва да се вземат предвид и други инженерно-технически и производствени изисквания към качеството.