

УДК 622.692.4

Н.М. Черкасов, И.Ф. Гладких (ООО «Научно-исследовательский центр «Поиск», г. Уфа, Российская Федерация), **С.А. Сильвестров** (ООО «Астрапроект», г. Казань, Российская Федерация), **Р.Р. Багманов** (ООО «МКО», г. Казань, Российская Федерация), **К.М. Гумеров** (ООО «Институт проблем транспорта энергоресурсов», г. Уфа, Российская Федерация)

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ АСМОЛА С МЕТАЛЛОМ ТРУБОПРОВОДОВ

N.M. Cherkasov, I.F. Gladkikh (Scientific and Research Center «Poisk» OOO, Ufa, Russian Federation), **S.A. Silyvestrov** (Astraproekt OOO, Kazan, Russian Federation), **R.R. Bagmanov** (MCO OOO, Kazan, Russian Federation), **K.M. Gumerov** (Institute of Energy Resources Transportation OOO, Ufa, Russian Federation)

ASMOL INTERACTION WITH THE METAL OF PIPELINES

Введение

Несмотря на известные уникальные свойства, асмол и изоляционные материалы на его основе используются на практике в ограниченных объемах. Истинными причинами ограничения могут быть нездоровая конкуренция и корпоративные интересы, но часто высказывается мысль, что асмол отрицательно влияет на металл труб из-за повышенной кислотности.

Действительно, кислотное число асмолы рН порядка 5,5. Происхождение такой кислотности связано с наличием в полимолекулах асмолы связанных функциональных групп, за счет которых и обеспечивается высокая адгезия изоляционного покрытия. Этими группами молекулы асмолы «цепляются» к поверхности металла, не вызывая никаких изменений в прочности. Тем не менее, чтобы поставить точку на этом вопросе, авторы провели специальные исследования с целью оценить возможное влияние асмолы на свойства металла труб при длительной эксплуатации трубопроводов. В предлагаемой статье приводятся некоторые результаты данных исследований.

Цели и задачи

Установить вероятность изменения прочности трубопроводов под воздействием асмолы как основы новых изоляционных материалов, имеющих химическое средство с металлами.

Методы

В данной статье использованы экспериментальные методы (испытание образцов на прочность, микроструктурный и химический анализ) и методы теории вероятности и математической статистики.

Результаты

Проведены экспериментальные исследования металла труб после длительного взаимодействия с асмольным раствором, исследованы особенности образования поверхностной пленки,

Background

Asmol and asmol-based insulating materials are not widely used in practice, despite their known unique properties. Real causes of limitation may be unfair competition and corporative interests, yet it is often declared that asmol exerts negative effect on the pipe metal due to its higher acidity.

It is true that asmol has pH of 5.5. Such acidity is explained by the presence of bonded functional groups in asmol polymolecules that ensure strong adhesion of the isolating coating. By these groups the asmol molecules “cling” to the metal surface and cause no change in its strength. Nevertheless, to finish with this question, the authors have conducted special test to assess possible impact of asmol on the properties of pipe metal during pipeline long service. The paper presents some results of these tests.

Aims and Objectives

To assess the probability of pipeline strength changes caused by asmol as the base of new insulating materials that have chemical affinity with metals.

Methods

Experimental methods (strength test, microstructural and chemical analysis of samples) and methods of the probability theory and mathematical statistics were used.

Results

Pipe metal was tested after prolong interaction between the metal and asmol solution, features of surface film forming were studied, and the cause and mechanism of getting high protective ability of the asmol-based insulator were identified. The conducted tests confirmed that no negative effects were observed at pipe metal contact with asmol-based insulating materials. It was shown that during pipeline long operation an additional protective film on the metal surface is formed with the thickness of up to 10 μ , which is of chemical nature, ensures high adhesion and excellent anticorrosive protection.

установлены причина и механизм формирования высокой защитной способности изоляционного покрытия на основе асмол. Выполненные экспериментальные исследования подтвердили отсутствие отрицательных эффектов при взаимодействии металла труб с изоляционными материалами на основе асмол. Показано, что при длительной эксплуатации трубопроводов на поверхности металла образуется дополнительная защитная пленка толщиной до 10 мк, которая имеет химическую природу и обеспечивает высокую адгезию отличные антикоррозионные защитные свойства.

Ключевые слова: подземный трубопровод, изоляционное покрытие, защитная пленка, асмол, испытания на прочность, химическое средство

Key words: underground pipeline, insulating coating, protective film, asmol, strength test, chemical affinity

В процессе длительной эксплуатации подземных трубопроводов изоляционное покрытие стареет и постепенно теряет свои свойства. Интенсивность старения определяется многими факторами (природой материалов, технологией нанесения, свойствами грунтов, температурно-силовыми воздействиями) и практически становится случайной характеристикой [1, 2, 3, 4, 5, 6].

В Научно-исследовательском центре «Поиск» (г. Уфа) разработана серия изоляционных материалов на основе асфальтосмолистого олигомера - асмол. Исследования асмол и созданных на его основе изоляционных материалов показали, что эти материалы обладают рядом уникальных положительных качеств, которые востребованы при замене изоляции действующих подземных стальных трубопроводов, в первую очередь магистральных нефте- и газопроводов [7].

Асмол имеет характеристики, близкие к битумам, однако его адгезия к металлу значительно выше, чем битумов и битумных мастик. Это связано с различными механизмами взаимодействия с металлом: адгезия битума осуществляется за счет сил физической природы, асмол - благодаря наличию функциональных групп, вызывающих химическое взаимодействие с поверхностью металла. За счет химической природы адгезии у асмол практически отсутствует катодное отслаивание, и длительное время сохраняются исходные защитные характеристики.

В молекулах асмол имеются азотсодержащие полярные группы, придающие ему ингибирующие свойства, благодаря которым замедляется дальнейшее протекание коррозии в случае недостаточно качественной подготовки поверхности труб.

В составе асмол присутствуют соединения, содержащие сульфокислотные и нейтральные высокодонорные функциональные группы, которые обеспечивают мастике высокую поверхностную активность. Сорбируясь на разнотенциальных участках поверхности металла, они выравнивают её энергетическую неоднородность, что приводит к снижению разности потенциалов анодных и катодных участков и, тем самым, приводит к замедлению или полному прекращению процесса электрохимической коррозии.

Несмотря на вышеуказанные уникальные свойства, асмол и изоляционные материалы на его основе ограничены при широком практическом использовании. Истинными причинами ограничения могут быть корпоративные интересы, но высказывается мысль (иногда эта мысль фигурирует в заключениях подведомственных лабораторий), что асмол может отрицательно повлиять на металл труб из-за повышенной кислотности.

Действительно, кислотное число асмолы рН порядка 5,5. Происхождение такой кислотности связано с наличием в полимолекулах асмолы связанных функциональных групп, за счет которых и обеспечивается высокая адгезия, этими группами молекулы асмолы «цепляются» к поверхности металла, не вызывая никаких изменений внутри объема. Авторы, чтобы поставить точку в этом вопросе, провели специальные исследования с целью оценить возможное влияние асмолы на свойства металла труб при длительной эксплуатации трубопроводов.

Исследования состояли из двух частей:

– изучение поверхности металла после длительного воздействия асмолы (эксперименты 1, 2);

– оценка влияния асмолы на механические свойства металла (эксперименты 3 - 6).

Вместо чистого асмолы в экспериментах использовали его раствор в углеводородном растворителе, который обеспечивает асмолу подвижность и тем самым облегчает обменные процессы при взаимодействии с металлом.

Образцы изготавливали из сталей разных марок, которые по качеству (механическим свойствам, химическому составу, структуре) относятся к той же группе, что и трубопроводные стали. Некоторые использованные в экспериментах стали (стали 08 и 20, 17ГС) применяются в производстве труб. Использовали также стальную фольгу (чтобы отношение площадь/объем было наибольшим), которую обычно производят из кремнистых сталей ферритного класса. Во всех случаях использованные стали не относились к классу легированных и по коррозионной стойкости были не выше трубопроводных.

Эксперимент 1. Изготовили серию пластинчатых образцов размером 100×10×2 мм из стали 20, обработали поверхности шлифовкой и поместили в 40 %-ный раствор асмолы в углеводородном растворителе на разное время выдержки (до 145 сут), при этом сосуд с раствором и образцами находился в герметичном состоянии. После выдержки заданное время образцы извлекали из раствора, удаляли асмол промывкой растворителями, высушивали теплым воздухом, затем измеряли массу каждого образца, изучали состояние поверхности образцов визуально и с помощью оптического микроскопа «Неофот-21». Измерения массы проводили на аналитических весах с погрешностью не более 0,00005 г, что на 2 - 4 порядка меньше самих измеряемых величин.

Получили следующие результаты.

При выдержке образцов в асмолы их поверхность покрывается пленкой серого цвета, а масса монотонно увеличивается.

На рисунке 1 приведены результаты измерений массы двух образцов в зависимости от времени выдержки в асмоле. Зависимость среднего привеса Δm ($\text{мг}/\text{см}^2$) от времени выдержки в асмоле τ (сут) можно выразить следующей аппроксимирующей формулой $\Delta m \approx 0,0037 \cdot \tau$.

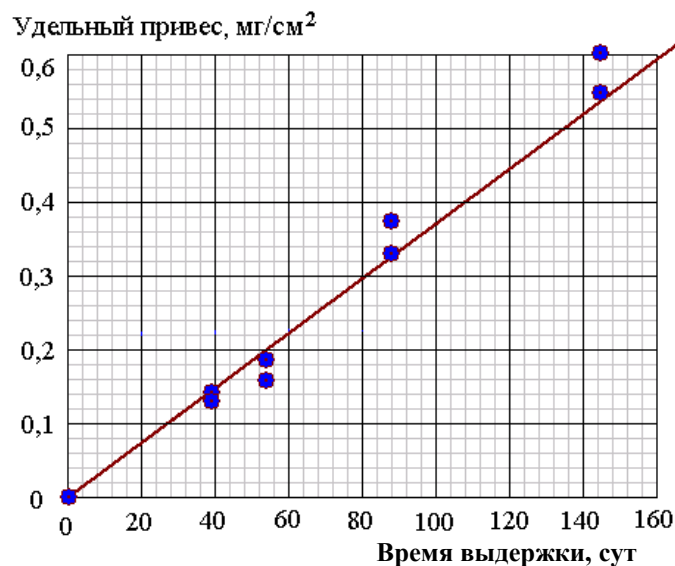


Рисунок 1 - Зависимость привеса образцов от времени выдержки в асмоле

Наблюдения с помощью оптического микроскопа показали, что после выдержки в асмольной грунтовке поверхность металла покрывается пленкой серого цвета, толщина которой неравномерна из-за шероховатости поверхности. На рисунке 2 приведены фотографии поверхности образца после выдержки в асмоле в течение 39 сут. Темные полосы - бороздки шероховатости, на которых концентрируются продукты взаимодействия асмолы с металлом.

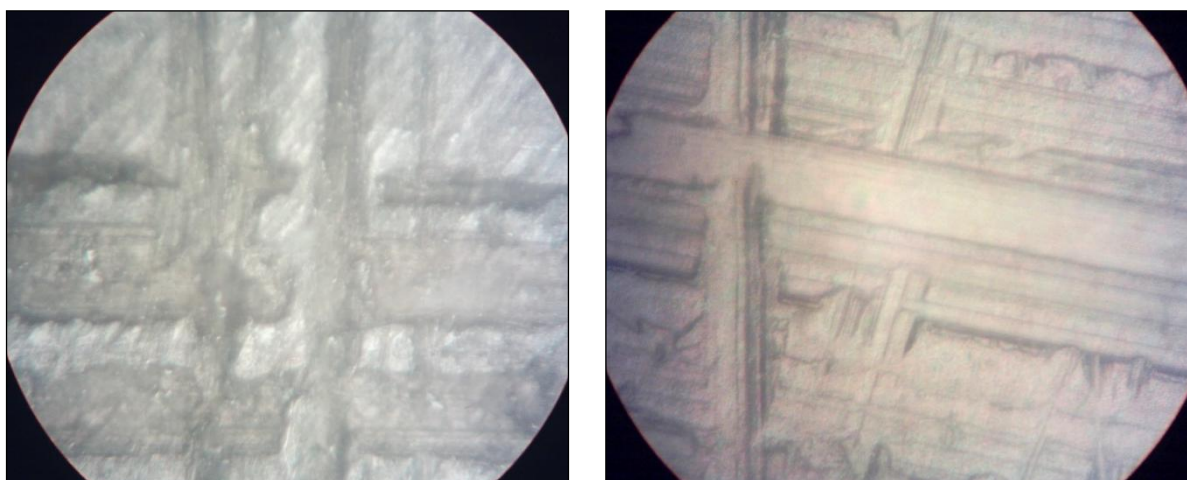


Рисунок 2 - Поверхность металла после выдержки в асмоле, 1000^x

Эксперимент 2. Опыты повторили с другой серией образцов, изготовленных из стальной фольги толщиной 0,05 мм. Химический состав стали показан в таблице 1. Форма и размеры образцов не имеют существенного значения. Образцы были выдержаны в растворе асмола в течение 60 сут, затем взвешены. Статистический анализ результатов взвешивания показал, что среднее выборочное значение привеса на единицу площади составляет $\Delta m_{cp} = 0,254 \text{ мг/см}^2$, среднее квадратичное отклонение $s_{\Delta m} = 0,0286 \text{ мг/см}^2$.

Таблица 1 - Химический состав стальной фольги, %

C	Si	Mn	Mo	Cr	S	P
0,06	3,20	0,08	0,18	0	0,020	0,016

Опыты со стальной фольгой также показали, что на поверхности металла происходит образование пленки из продукта взаимодействия с асолом. Толщина защитной пленки неравномерна из-за шероховатости и неоднородности (механической, структурной, энергетической, химической) поверхности металла. Приблизительную оценку толщины пленки $\delta_{п}$ сделали в предположении, что её плотность такая же, что и асмола $\rho \approx 1 \text{ г/см}^3$, привес массы на единицу площади за месяц составляет порядка $\Delta m \approx 0,12 \text{ мг/см}^2$.

$$\delta_{п} = \frac{\Delta m}{\rho} = \frac{0,12 \cdot 10^{-3} \text{ г/см}^2}{1 \text{ г/см}^3} = 1,2 \cdot 10^{-3} \text{ мм.}$$

Итак, толщина поверхностной пленки через месяц выдержки в асолом составляет около 1,2 мк, через 145 сут достигает 5...6 мк.

Эксперимент 3. В данном эксперименте оценивали влияние асмола на усталостную прочность и долговечность стали. Для этого изготовили образцы размером 300×20×2 мм из малоуглеродистой листовой стали марки 08. Для ускорения зарождения трещины на образцах выполнили отверстие диаметром 1,8 мм, которое являлось концентратором напряжений. Испытания проводили по схеме циклического консольного изгиба (рисунок 3). При испытаниях следили за тем, как зарождаются трещины на концентраторе напряжений (отверстии), и отмечали число циклов нагружения N в определенные моменты развития трещины.

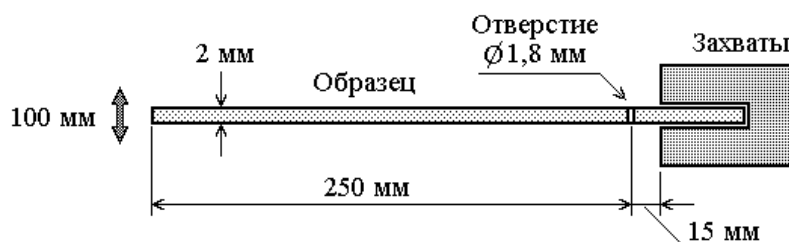


Рисунок 3 - Схема испытаний плоских образцов на циклический изгиб

Испытывали три серии по пять образцов. Первая серия - образцы в исходном состоянии (до взаимодействия с асфальтом), вторая - такие же образцы после выдержки их в асфальте в течение 33 сут, третья - образцы после выдержки их в асфальте в течение 60 сут.

В процессе испытаний заметили следующие особенности.

Рост трещин происходит неравномерно, скачками. Периоды накопления микрповреждений чередуются с периодами более быстрого продвижения трещины, поэтому разброс скоростей развития трещины на разных этапах оказался значительным.

Фронт трещины часто отклоняется от перпендикуляра к поверхности образца, поэтому длина трещины, измеренная на одной и на другой поверхностях образца, отличаются.

Моменту появления трещины предшествует локальное потемнение поверхности металла вследствие пластических деформаций и накопления микротрещин. На рисунке 4 показана поверхность образца на этапе роста трещины при испытаниях.

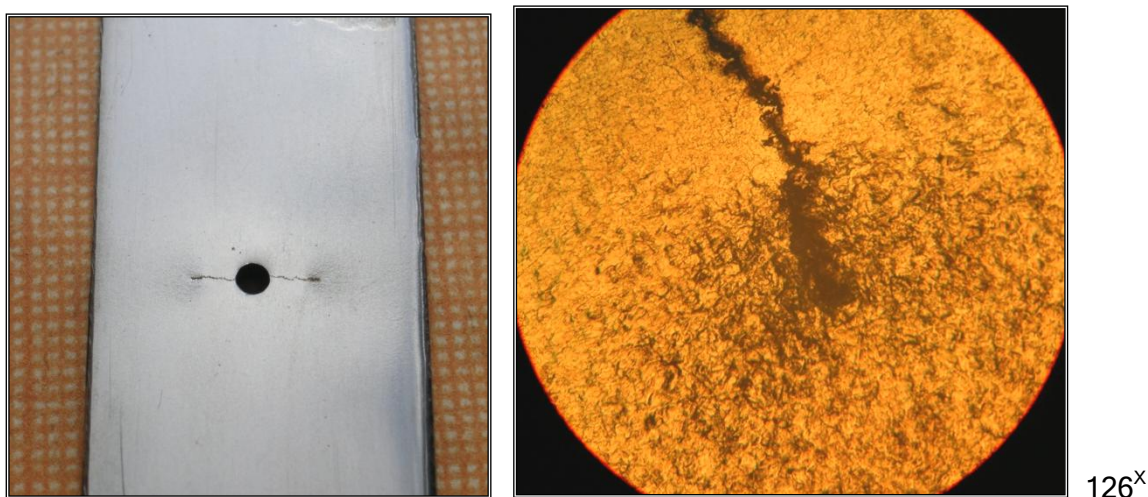


Рисунок 4 - Рост трещин при усталостных испытаниях

Для сопоставления результатов испытаний образцов разных серий выбрали следующие количественные показатели циклической прочности:

N_3 - число циклов до появления (зарождения) видимых под лупой трещин размером 1 мм по обеим сторонам от отверстия;

N_p - число циклов, соответствующих росту трещины от 5 до 10 мм (область, где влияние краевых эффектов несильное);

$N_{п}$ - полное число циклов до разрушения образца.

Средние значения (N_{cp}) и средние квадратичные отклонения (s_N) этого параметра в пределах каждой серии приведены в таблице 2.

Таблица 2 - Результаты усталостных испытаний образцов

Этапы испытаний	Исходные образцы	После выдержки 33 сут	После выдержки 60 сут
Число циклов на этапе зарождения трещин N_3	$N_{cp(3)} = 2983$ $s_{N(3)} = 493,7$	$N_{cp(3)} = 2915$ $s_{N(3)} = 268,5$ $s = 397,4$ $t = 0,271$	$N_{cp(3)} = 2845$ $s_{N(3)} = 264,5$ $s = 396,0$ $t = 0,551$
Число циклов на этапе роста трещин N_p	$N_{cp(P)} = 1503$ $s_{N(P)} = 238,2$	$N_{cp(P)} = 1623$ $s_{N(P)} = 91,7$ $s = 180,5$ $t = -1,051$	$N_{cp(P)} = 1920$ $s_{N(P)} = 147,5$ $s = 198,1$ $t = -3,328$
Полное число циклов до разрушения N_{Π}	$N_{cp(\Pi)} = 5645$ $s_{N(\Pi)} = 377,6$	$N_{cp(\Pi)} = 5682$ $s_{N(\Pi)} = 304,9$ $s = 343,2$ $t = -0,171$	$N_{cp(\Pi)} = 5984$ $s_{N(\Pi)} = 153,1$ $s = 288,1$ $t = -1,860$

Для проверки гипотезы, что *результаты испытаний для разных серий совпадают (с учетом естественных разбросов)*, применили аппарат математической статистики, а именно, использовали критерий равенства двух совокупностей, основанный на t-распределении Стьюдента [8, 9].

Итак, требуется проверить гипотезу равенства средних значений двух совокупностей $N_{cp1} = N_{cp2}$ при альтернативной гипотезе $N_{cp1} \neq N_{cp2}$. Для этого выполняют следующие вычисления:

– находят дисперсию генеральной совокупности, состоящей из суммы образцов двух сравниваемых серий ($n = n_1 + n_2$)

$$s^2 = \frac{(n_1 - 1) \cdot s_{N1}^2 + (n_2 - 1) \cdot s_{N2}^2}{n_1 + n_2 - 2};$$

– определяют статистический параметр

$$t = (N_{cp1} - N_{cp2}) / \left(s \cdot \sqrt{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}} \right);$$

– сравнивают значение t с его критическим значением $t_{\alpha/k}$ для заданного уровня значимости α и степени свободы $k = n_1 + n_2 - 2$ (из таблицы $t_{\alpha/k}$ распределения Стьюдента);

– проверяют выполнение условия $|t| \leq t_{\alpha/k}$; если оно выполняется, то гипотеза о равенстве средних значений не отвергается; вероятность ошибочности гипотезы составляет не более 2α %.

За первую выборку принимаем исходную серию образцов; за вторую выборку примем поочередно серии образцов после выдержки в асмоле в течение 33 и 60 сут. Количество образцов в выборках $n_1 = n_2 = 5$. Степень свободы $k = 8$. Уровень значимости примем $\alpha = 0,5$. Критическое значение $t_{\alpha/k} = t_{0,5/8} = 3,3554$ (из таблицы 3.2 справочника [9]). Результаты расчетов показывают (таблица 4), что условие равенства средних значений $|t| \leq t_{\alpha/k}$ выполняется во всех случаях. Отсюда можем сделать заключение, что в условиях циклического нагружения все образцы ведут себя идентично (в пределах естественного разброса), независимо от времени выдержки в асмоле. Следовательно, *асмол на механические свойства металла не повлиял. Вероятность того, что данный вывод ошибочен, составляет не более 0,01.*

Эксперимент 4. Образцы такие же, как в эксперименте 3, но без отверстий, подвергли механическим испытаниям на статическое растяжение, при этом определяли следующие механические характеристики: σ_b - временное сопротивление; σ_T - предел текучести; δ - относительное удлинение.

В таблице 3 приведены результаты статистической обработки полученных данных.

Таблица 3 - Результаты испытаний образцов на статическое растяжение и проверки гипотезы равенства средних значений

Параметры	σ_b , кгс/мм ²	σ_T , кгс/мм ²	δ , %
Исходные образцы			
Выборочное среднее	31,40	20,00	51,40
Среднее квадратич. откл-ние	0,42	0,35	1,95
Образцы после выдержки 60 суток в асмоле			
Выборочное среднее	32,00	20,30	51,80
Среднее квадратич. откл-ние	0,35	1,57	1,25
Проверка гипотезы о равенстве средних значений			
Уровень значимости α	0,5		
Степень свободы k	8		
Критическое значение $t_{\alpha/k}$	3,3554		
Оценка дисперсии s	0,387	1,137	1,638
Статистический параметр t	-2,454	-0,417	-0,386
Условие $ t \leq t_{\alpha/k}$	выполнено	выполнено	выполнено

Из полученных результатов следует, что *механические свойства металла, определяемые при статическом растяжении образцов (σ_b - предел прочности, σ_T - предел текучести, δ - относительное удлинение), также не изменились после выдержки в асмоле.*

Эксперимент 5. Целью следующих испытаний было проверить, влияет ли асмол на металл труб при наличии дефектов или других концентраторов напряжений. Для испытаний изготовили образцы, аналогичные образцам на рисунке 5, с размерами рабочей части 130×10×2 мм.

В центре каждого образца просверлили отверстие диаметром 2,2 мм для имитации дефекта и создания концентрации напряжений. Использована марка стали 17ГС, которая широко применяется при строительстве магистральных трубопроводов. Часть образцов (5 шт.) выдержали в асмоле 60 сут. Образцы испытывали растяжением до разрушения. Разрушение происходило по сечению, содержащему дефект (отверстие). Обработку результатов испытаний проводили так, как будто не было дефекта, при этом определили следующие характеристики: σ_b - «временное сопротивление»; σ_T - «предел текучести»; δ - «относительное удлинение». Все измеряемые величины взяты в кавычки, поскольку они отличаются от истинных значений, определяемых на образцах металла без отверстия. Тем не менее, эти величины содержат в себе информацию о влиянии асмола на прочностные свойства образцов при наличии дефекта. Результаты статистической обработки полученных данных приведены в таблице 4.

Таблица 4 - Результаты испытаний на статическое растяжение образцов с концентратором напряжений (отверстием)

	«Временное сопротивление», кгс/мм ²	«Предел текучести», кгс/мм ²	«Относительное удлинение», %
Образцы исходные			
Выборочное среднее	40,80	29,80	7,50
Среднее квадратич. отклонение	2,25	1,68	0,50
Образцы после выдержки 60 сут в асмоле			
Выборочное среднее	41,82	33,50	7,40
Среднее квадратич. отклонение	1,71	4,72	0,82
Проверка гипотезы о равенстве средних значений			
Параметры для проверки гипотезы: $\alpha = 0,5$; $k = 8$; $t_{\alpha/k} = 3,355$			
Оценка дисперсии s	1,998	3,543	0,679
Статистический параметр t	-0,807	-1,651	0,233
Выполнение условия $ t \leq t_{\alpha/k}$	выполнено	выполнено	выполнено

Таким образом, *механические свойства металла, определяемые при статическом растяжении образцов с концентратором напряжений, не изменились после выдержки в асмоле.*

Эксперимент 6. При разработке методики следующих испытаний на статическое растяжение полагали, что изменения свойств стали могут происходить только на его поверхности, и при испытании образцов со значительной толщиной стенки эти изменения могут быть не обнаружены. Если так, то чем тоньше будут образцы, тем более заметным будет влияние асмола на механические свойства металла, поэтому для дополнительных испытаний выбрали стальную фольгу толщиной 0,05 мм, которую использовали в эксперименте 2. Форма и размеры образцов показаны на рисунке 5.

Состав соответствует кремнистой стали ферритного класса (таблица 1). Микроструктура равнооснокристаллическая, соответствует горячекатаному состоянию. Результаты испытаний приведены в таблице 6.

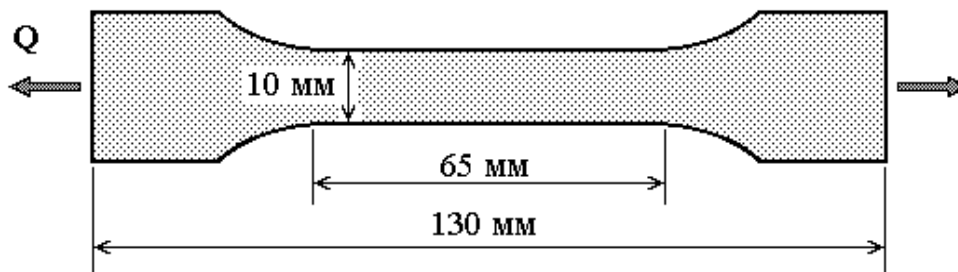


Рисунок 5 - Образец для испытаний на статическое растяжение

Таблица 6 - Результаты испытаний образцов на статическое растяжение

Параметры	Образцы в исходном состоянии	После выдержки в асмоле 60 сут
Разрушающие нагрузки Q , кН	206,6	184,2
	189,8	191,6
	203,1	184,7
	223,4	199,4
	200,9	177,9
	191,1	185,2
	193,1	195,0
	185,2	193,1
	189,6	195,0
	190,1	197,5
Выборочное среднее значение Q_{cp} , кН	197,29	190,36
Среднее квадратич. отклонение s_Q , кН	11,47	6,97
Коэффициент вариации $v = s_Q / Q_{cp}$	0,06	0,04
Параметры к проверке статистической гипотезы о равенстве средних значений при $\alpha = 0,5$ и $k = 18$	$s = 9,491$ $t = -1,633$ $t_{\alpha/k} = t_{0,5/18} = 2,8784$	
Вывод: гипотеза о равенстве средних значений двух серий образцов верна; вероятность ошибочности данного утверждения не более 0,01.		

Из полученных результатов следует, что отклонение выборочного среднего значения разрушающей нагрузки образцов из фольги после выдержки в асмоле по отношению к исходным образцам составляет 1,3 %. Однако с точки зрения математической статистики это отклонение не является существенным, и с большой вероятностью (не менее 0,99) можно утверждать, что *не произошло изменений механических свойств стальной фольги после выдержки в асмоле.*

Выводы

1. Асмол образует на поверхности металла защитную пленку, и она не смывается растворителями органического происхождения. В асмольной среде масса защитной пленки растёт со скоростью 0,11...0,13 мг/см² в месяц. Через 145 сут выдержки средняя толщина пленки достигает 5...6 мк.

2. Применение асмолы не приводит к изменению механических свойств металла труб, хотя асмол является химически активным по отношению к его поверхности.

Литература

1. Иваненков В.В., Гумеров К.М. Методика оценки качества изоляционного покрытия подземных стальных трубопроводов // Проблемы сбора, подготовки и транспорта нефти и нефтепродуктов. 2008. Вып. 3 (73). С. 39-46.
2. Сунагатов М.Ф., Родомакин А.Н., Митюшников В.А. О надёжности трубопроводов, футерованных полиэтиленом // Нефтепромысловое дело. М.: ВНИИОЭНГ, 2010. Вып. 2. С. 38-41.
3. Гумеров А.Г., Бажайкин С.Г., Сираев А.Г., Гумеров А.К., Загребельный В.Г., Сивоконь И.С., Киченко С.Б. Восстановление трубопроводов гибким полимерным рукавом // Нефтепромысловое дело. М.: ВНИИОЭНГ, 2011. № 2. С. 49-52.
4. Алексеев А.В., Гумеров К.М., Сираев А.Г. Восстановление изношенных подземных трубопроводов бестраншейными методами // Проблемы сбора, подготовки и транспорта нефти и нефтепродуктов. 2012. Вып. 4 (90). С. 107-113.
5. Алексеев А.В., Попадых Д.Г., Пермяков С.А. Бестраншейный метод восстановления трубопроводов // Проблемы сбора, подготовки и транспорта нефти и нефтепродуктов. 2009. Вып. 4 (78). С. 45-50.
6. Гумеров А.Г., Бажайкин С.Г., Сираев А.Г., Митюшников В.А. О причинах выхода из строя трубопроводов, построенных из футерованных полиэтиленом стальных труб // Проблемы сбора, подготовки и транспорта нефти и нефтепродуктов. 2009. Вып. 3 (77). С. 42-48.
7. Черкасов Н.М., Гладких И.Ф., Гумеров К.М., Субаев И.У. Асмол и новые изоляционные материалы для подземных трубопроводов. М.: Недра, 2005. 230 с.
8. Степанов М.Н. Статистические методы обработки результатов механических испытаний: справочник. М.: Машиностроение. 1985. 232 с.
9. Большев Л.Н., Смирнов Н.В. Таблицы математической статистики. М.: Наука, 1983. 416 с.

References

1. Ivanenkov V.V., Gumerov K.M. Metodika otsenki kachestva izolyatsionnogo pokrytiya podzemnykh stal'nykh truboprovodov [Methods of Evaluating the Quality of Buried Steel Pipeline Coating]. *Problemy sbora, podgotovki i transporta nefi i nefteproduktov - Problems of Gathering, Treatment and Transportation of Oil and Oil Products*, 2008, Issue 3 (73), pp. 39-46. (in Russ.).
2. Sunagatov M.F., Rodomakin A.N., Mityushnikov V.A. O nadezhnosti truboprovodov, futerovannykh polietilenom [Reliability of Pipelines Lined by Polyethylene]. *Neftpromyslovoe delo - Oilfield Engineering*, Moscow, VNIIOENG, 2010, Issue 2, pp. 38-41. (in Russ.).
3. Gumerov A.G., Bazhaikin S.G., Siraev A.G., Gumerov A.K., Zagrebel'nyi V.G., Sivokon' I.S., Kichenko S.B. Vosstanovlenie truboprovodov gibkim polimernym rukavom [Pipelines Restoration with the Help of Flexible Polymer Sleeve]. *Neftpromyslovoe delo - Oilfield Engineering*. Moscow, VNIIOENG, 2011, No. 2, pp. 49-52. (in Russ.).
4. Alekseev A.V., Gumerov K.M., Siraev A.G. Vosstanovlenie iznoshennykh podzemnykh truboprovodov bestransheynymi metodami [Trenchless Method of Ruptured Underground Pipeline Recovery]. *Problemy sbora, podgotovki i transporta nefi i nefteproduktov - Problems of Gathering, Treatment and Transportation of Oil and Oil Products*, 2012, Issue 4 (90), pp. 107-113. (in Russ.).
5. Alekseev A.V., Popadyk D.G., Permyakov S.A. Bestransheyniy metod vosstanovleniya truboprovodov [Ditchless Method of Pipeline Restoration]. *Problemy sbora, podgotovki i transporta nefi i nefteproduktov - Problems of Gathering, Treatment and Transportation of Oil and Oil Products*, 2009, Issue 4 (78), pp. 45-50. (in Russ.).
6. Gumerov A.G., Bazhaikin S.G., Siraev A.G., Mityushnikov V.A. O prichinakh vykhoda iz stroya truboprovodov, postroennykh iz futerovannykh polietilenom stal'nykh trub [Failures of Pipelines Made of Polyethylene-Lined Steel Pipes]. *Problemy sbora, podgotovki i transporta nefi i nefteproduktov - Problems of Gathering, Treatment and Transportation of Oil and Oil Products*, 2009, Issue 3 (77), pp. 42-48. (in Russ.).
7. Cherkasov N.M., Gladkikh I.F., Gumerov K.M., Subaev I.U. *Asmol i novye izolyatsionnye materialy dlya podzemnykh truboprovodov* [Asmol and New Coatings for Buried Pipelines]. Moscow, Nedra, 2005, 230 p. (in Russ.).
8. Stepanov M.N. *Statisticheskie metody obrabotki rezul'tatov mekhanicheskikh ispytaniy: spravochnik* [Statistical Methods of Processing Mechanical Test Results: Handbook]. Moscow, Mashinostroenie, 1985. 232 p. (in Russ.).
9. Bol'shev L.N., Smirnov N.V. *Tablitsy matematicheskoi statistiki* [Math Statistics Tables]. Moscow, Nauka, 1983, 416 p. (in Russ.).

Авторы

• Черкасов Николай Михайлович, канд. техн. наук
ООО «Научно-исследовательский центр «Поиск»
Генеральный директор
Российская Федерация, 450105, г. Уфа,
ул. Новожёнова, 86
тел./факс: (347) 284-82-23, 284-35-53
e-mail: srcpoisk@ufanet.ru

• Гладких Ирина Фаатовна, д-р техн. наук
ООО «Научно-исследовательский центр «Поиск»
Директор по технологии
Уфимский государственный авиационный
технический университет
Профессор кафедры «Безопасность производства
и промышленная экология»
Российская Федерация, 450105, г. Уфа,
ул. Новожёнова, 86
тел./факс (347) 284-82-23, 284-35-53
e-mail: srcpoisk@ufanet.ru

• Сильвестров Степан Аверкиевич
ООО «Астрапроект»
Директор
Российская Федерация, 420133, г. Казань,
пр. Ямашева, д. 102а, офис 3
тел./факс: (843) 556-76-52, 556-76-49
e-mail: aAstra@mail.ru

• Багманов Руслан Рустамович
ООО «МКО»
Старший специалист по внешнеэкономической
деятельности
Российская Федерация, 420095, г. Казань,
ул. Восстания, 100
e-mail: Rouslanyes@mail.ru

• Гумеров Кабир Мухаметович, д-р техн. наук,
профессор
ООО «Институт проблем транспорта
энергоресурсов»
Зав. отделом «Техническая диагностика
промысловых трубопроводов»
тел. (347) 241-85-81
e-mail: K.M.gumerov@mail.ru

The Authors

• Cherkasov Nikolay M., Candidate of Technical
Sciences
Scientific and Research Center «Poisk» OOO
General Director
86, Novozhenov str., Ufa, 450105, Russian
Federation
tel/fax: (347) 284-82-23, 284-35-53
e-mail: srcpoisk@ufanet.ru

• Gladkikh Irina F., Doctor of Technical Sciences
Scientific and Research Center «Poisk» OOO
Director on Technology
Ufa State Aviation Technical University
Professor of Production Safety and Industrial
Ecology Chair
86, Novozhenov str., Ufa, 450105, Russian
Federation
tel/fax: (347) 284-82-23, 284-35-53
e-mail: srcpoisk@ufanet.ru

• Silyvestrov Stepan A.
Astraproekt OOO
Director
102a, office 3, Yamashev ave., Kazan, 420133,
Russian Federation
tel/fax: (843) 556-76-52, 556-76-49
e-mail: aAstra@mail.ru

• Bagmanov Ruslan R.
MKO OOO
Senior Specialist on Foreign Economic Activity
100, Vosstaniya str., Kazan, 420095, Russian
Federation
e-mail: Rouslanyes@mail.ru

• Gumerov Kabir M., Doctor of Technical Sciences,
Professor
Institute of Energy Resources Transportation OOO
Head of Field Pipeline Technical Diagnostics
Department
144/3, October ave., Ufa, 450055, Russian
Federation
tel: (347) 241-85-81
e-mail: K.M.gumerov@mail.ru