

## Строительство трубопроводов из высокопрочного чугуна с шаровидным графитом

*М.А. Лебедева, Э.Ф. Идиятуллина, А.В. Набоков, М.С. Чухлатый*  
*Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень*

**Аннотация:** В статье предлагается рассмотреть возможность применения труб из высокопрочного чугуна с шаровидным графитом при строительстве нефтепроводов для решения проблемы образования коррозии. Кроме устойчивости к коррозии такие трубы обладают и иными положительными свойствами. Приведено сравнение со стальными трубами, а также рассмотрены основные физико-механические свойства высокопрочного чугуна с шаровидным графитом.

**Ключевые слова:** нефтегазопромысловый трубопровод, коррозия, испытание, монтаж, соединение, месторождение, сталь, высокопрочный чугун с шаровидным графитом (ВЧШГ), прочность, сопротивление, нефть.

Одной из ведущих проблем освоения и эксплуатации нефтяных месторождений является коррозионное повреждение стенок и стыков трубопроводов, вследствие чего происходят аварии на нефтяных промыслах [1].

На некоторых участках трубопроводов скорость коррозии может достигать до 5 мм/год, что приводит к замене трубопроводов, а иногда на это расходуется порядка тысячи километров труб.

Трубопроводы, используемые без дополнительной антикоррозионной защиты, имеют большую подверженность коррозии, что приводит к снижению их эксплуатационного ресурса. Одним из вариантов увеличения времени эксплуатации будет являться применение труб, которые обладают повышенной коррозионной стойкостью: пластмассовых, стальных с защитным покрытием, стеклопластиковых, металлопластовых. Все вышеперечисленные виды труб имеют как положительные, так и отрицательные свойства [2]. Также, еще одним вариантом решения данной

---

проблемы может являться применение труб из высокопрочного чугуна с шаровидным графитом (далее ВЧШГ).

В таблице 1 представлены скорости коррозии различных материалов труб [3].

Таблица №1

Анализ скоростей коррозии материалов труб

№ п/п	Наименование материала	Средняя скорость коррозии, мм/год
1	Сталь с внутренним антикоррозионным покрытием на основе краски ПЭП-585	0,09–0,102
2	Сталь 20КТ без покрытий	0,507–0,777
3	Высокопрочный чугун с шаровидным графитом	0,03–0,05

Из данной таблицы видно, что скорость коррозии труб из ВЧШГ в несколько раз больше, чем у труб из обычных низколегированных трубопроводных сталей. Также, такие трубы имеют практически идентичную прочность, но их стоимость ниже. Именно поэтому, трубы из ВЧШГ применяются для строительства водопроводных, канализационных, газопроводных сетей.

Большинство новых месторождений нефти и газа находятся в районах Крайнего Севера [4, 5], однако это не мешает использовать трубы из ВЧШГ в данных регионах, так как они обладают высокой хладостойкостью.

В Оренбургской области существуют месторождения с высоким содержанием серы, но применять трубы из ВЧШГ можно и в этой местности. Таким образом, трубы из ВЧШГ обладают множеством положительных свойств, которые способствуют их применению на нефтяных месторождениях в различных точках страны.

Трубы из ВЧШГ являются цельнолитыми, так как изготавливаются методом центробежного литья [6]. В заводских условиях на трубы могут наноситься дополнительное защитное покрытие (как внутреннее, так и

внешнее), это связано с коррозионной активностью грунтов в местах дальнейшей прокладки труб [7]. Дополнительным антикоррозионным покрытием могут выступать: алюмоцинк, цементно-песчаная смесь, покрытия на основе эпоксидных смол, полиуретан, термоусадочные ленты, цинк, и другие материалы.

Все трубы из ВЧШГ, отлитые на заводе, проходят испытания гидравлическим давлением:

- при условном диаметре DN от 80 до 300 мм – давление не менее 9,0 МПа;
- при условном диаметре DN от 400 до 500 мм – давление не менее 6,0 МПа.

Трубы из ВЧШГ обладают следующими механическими свойствами [8]:

- временное сопротивление  $\sigma_b = 420$  МПа;
  - условный предел текучести  $\sigma_{0,2} = 300$  МПа;
- относительное удлинение  $\sigma = 10\%$ .

Монтаж труб из ВЧШГ выполняется отличными от сварки методами, в основном раструбно-стыковыми. Так как ВЧШГ содержат достаточное количество углерода, их практически не соединяют методом сварки. В основном, сварку применяют при ремонте и на опытных участках трубопроводов [9].

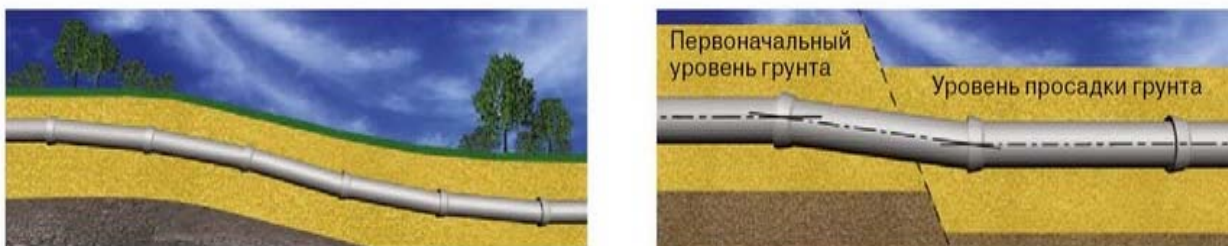
Трубопроводы из ВЧШГ сохраняют функциональные характеристики и могут выдерживать высокие дорожные нагрузки и большую толщину дорожного покрытия, испытывая большие диаметральные прогибы при эксплуатации.

Так как раструбное соединение не является жестким, оно позволяет создавать угол отклонения от 1,5 до 5°, при этом сохранять полную герметичность стыков. Угловое отклонение также позволяет корректировать маршруты прокладки и без помощи фитингов выполнять повороты больших

---

радиусов. Трубы ВЧШГ возможно укладывать непосредственно в грунт на глубину 8-10 метров без подготовки ложа из песка (рис.1), а также допустимо производить работы по укладке при отрицательных температурах.

Рис. 1. – Гибкость трубопровода в подвижных грунтах



Все это обеспечивает высокую скорость монтажа, примерное время которой отражено в таблице 2.

Таблица №2

Скорость монтажа труб из ВЧШГ

DN, мм	100	150	200	250	300	350	400	500
Длина труб, м	6	6	6	6	6	6	6	6
Количество труб/смена	96	96	84	76	70	60	60	48
Длина трубопроводов за 8 часовую рабочую смену, м	576	576	504	456	420	360	360	288

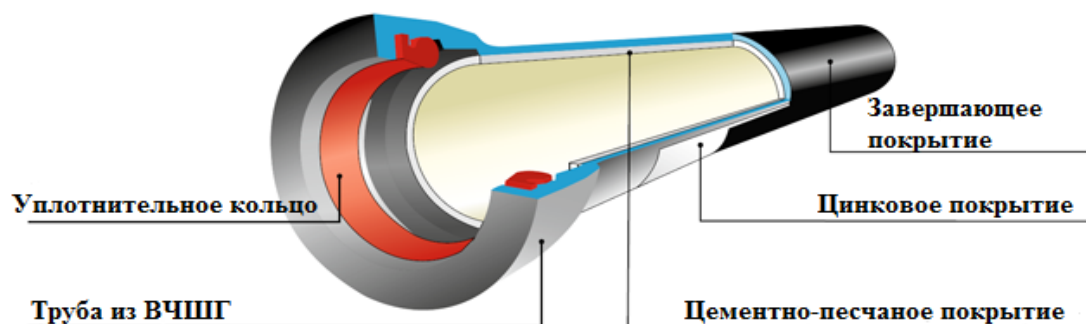
Существует несколько способов соединения труб из ВЧШГ без применения сварки [10]:

- фланцевое соединение, используемое для трубопроводов, рабочее давление которых от 1,6 до 2,5 МПа (зависит от диаметра);
- раструбное соединение «TYTON» используется для трубопроводов с рабочим давлением от 3 до 6,4 МПа (также зависит от диаметра);
- раструбное соединение «RJ» предназначено для трубопроводов, рабочее давление которых от 2,5 до 8,8 МПа (в зависимости от диаметра).

Наиболее надежным из всех является раструбно-замковое соединение («RJ»). На рис. 2 изображено соединение данного типа, с использованием

уплотнительного резинового кольца типа ВРС (однако, можно использовать кольца типа «TYTON»).

Рис. 2. – Соединение типа «RJ».



Соединение типа «RJ» является самоуплотняющимся, так как резиновое кольцо, под воздействием внутреннего давления, подвергается деформациям, что позволяет закрывать собой все зазоры в стыках.

Данный тип соединения испытывали тремя видами:

- испытаниям внутренним давлением, в результате которых соединение обеспечило герметичность при увеличении заводского испытательного давления в три раза;
- испытаниям внутренним давлением и изгибом, в результате данных испытаний герметичность стыков не нарушилась;
- циклическим испытаниям внутренним давлением с поперечным изгибом, которые показали, что данное соединение обеспечивает прочность и герметичность трубопроводов.

Трубы ВЧШГ выпускаются с условным диаметром от DN 80 до DN 500, с рабочим давлением от 4,0 до 6,4 МПа (в зависимости от диаметра). Длина труб 6 метров (не учитывая раструбную часть).

Ниже перечислены основные положительные свойства трубопроводов из высокопрочного чугуна с шаровидным графитом [11]:

- Высокая устойчивость к коррозионному воздействию;

- Высокие показатели ударной прочности;
- Высокий порог пластичности;
- Низкий коэффициент аварийности;
- Возможность применения труб в любых видах грунтов, способность выдерживать большие нагрузки;
- Успешно работают в сложных грунтах, таких как просадочные и болотистые;
- Не требуется подготовка места для проведения сварки, сварочное оборудование, высококвалифицированный персонал, технологический контроль качества сварных швов, дополнительная изоляция места сварки;
- Неприхотливы в транспортировке и не зависят от времени года при монтаже;
- Монтаж труб без дополнительных затрат;
- Высокая экономическая эффективность коммуникаций;
- Трубопровод из ВЧШГ может быть разобран и перевезен на другое место нефтепромысла.

Таким образом применение ВЧШГ позволяет значительно сэкономить на стоимости строительства благодаря снижению затрат на прокладку и эксплуатацию трубопроводов. Шаровидная форма графита в расплаве чугуна позволяет значительно изменить его свойства. В отличие от стали материал практически не дает трещин благодаря большой прочности и пластичности, а также не поддается коррозии сохраняя при этом все функциональные характеристики трубопроводов [12], позволяя им выдерживать значительную толщину почвенного покрова и нагрузки, возникающие при транспортировке.

## Литература

1. Коркишко А.Н., Совершенствование методов контроля и оценки интенсивности утечек углеводородных жидкостей из магистральных трубопроводов: автореферат дис. канд. техн. наук: Уфа, 2013. 122 с.
2. Гарбузенко А.О., Коркишко А.Н. Полиэтиленовые оболочки в стальных трубопроводах // Материалы Всероссийской научно-практической конференции «Проблемы эксплуатации систем транспорта». Тюмень. 2009. С. 158-159.
3. Антонов Б.Ю., Костин С.Н. Трубы из высокопрочного чугуна в нефтегазовой отрасли // Нефть. Газ. Новации. 2018. №5. С 44-46.
4. Вирясов А.Н., Гостинин И.А., Семенова М.А. Применение труб коррозионностойкого исполнения для обеспечения надежности нефтегазотранспортных систем Западной Сибири // Инженерный вестник Дона. 2013. №1. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2013/1487](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2013/1487).
5. Никишин А.В., Набоков А.В., Огороднова Ю.В., Коркишко О.А. Применение различных видов систем температурной стабилизации на объектах нефтегазовой отрасли // Инженерный вестник Дона. 2017. №2. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/N2y2017/4182](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/N2y2017/4182).
6. Отставнов А. А., Алиференков А. Д., Примин О. Г. Оценка напорных трубопроводов из ВЧШГ с использованием математической модели системы «грунт — жесткая труба» // С.О.К. 2006. №6. С. 18-23.
7. Коротов В.В., Иванова Д.Э., Русин В.А., Винокурова И.М. Методы мониторинга коррозии трубопровода // Материалы научно-практической конференции «Комплексные проблемы техносферной безопасности». Воронеж. 2015. С. 52-57.
8. Chuhareva N.V., Mironov S.A., Tikhonova T.V. Prediction of accidents and damage to gas pipelines in Far North conditions. Electronic scientific journal "Oil and Gas Business", 2012, Issue 3, Pp. 99-107.
9. Примин О.Г., Тен А.Э. Оценка надежности труб из высокопрочного чугуна с шаровидным графитом и их использование для прокладки на





закарстованных территориях // Экология и промышленность России. 2016. №9. С. 20-25.

10. Минченков А.В. Применение труб и фасонных частей из высокопрочного чугуна с шаровидным графитом при строительстве нефтепромысловых трубопроводов // Нефть. Газ. Новации. 2017. №12. С. 73-76.

11. Aghazada Y.J., Abbasov V., Abdullayev S., Hasanov E., Suleymanova S. The research of anti corrosive properties of various compositions on samples of standard metals // Polish Journal of Chemical Technology. 2017. Volume 19. №4. Pp. 80-86.

12. Зайцева О.В., Кленова Н.А. Микробиологическая коррозия нефтегазовых трубопроводов и легирование стали для борьбы с ней // Нефтяное хозяйство. 2008. №4. С. 92-95.

### References

1. Korkishko A.N. Sovershenstvovaniye metodov kontrolya i otsenki stepeni utechki uglevodorodnykh zhidkostey iz magistral'nykh truboprovodov [Improving methods for monitoring and assessing the intensity of leaks of hydrocarbon liquids from trunk pipelines]: avtoreferat dis.kand. tekhn. Nauk: Ufa, 2013. 122 p.

2. Garbuzenko A.O., Korkishko A.N. Polietilenovyye obolochki v stal'nykh truboprovodakh. Materialy Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii «Problemy ekspluatatsii sistem transporta». Tyumen'. 2009. P. 158-159.

3. Antonov B.YU., Kostin S.N. Neft'. Gaz. Novatsii. 2018. №5. Pp 44-46. URL: [neft-gaz-novacii.ru/ru/archive/101-2018/1789-05-2018](http://neft-gaz-novacii.ru/ru/archive/101-2018/1789-05-2018).

4. Viryasov A.N., Gostinin I.A., Semenova M.A. Inzenernyj vestnik Dona. 2013. №1. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2013/1487](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2013/1487).

5. Nikishin A.V., Nabokov A.V., Ogorodnova YU.V., Korkishko O.A. Inzenernyj vestnik Dona. 2017. №2. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/N2y2017/4182](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/N2y2017/4182).





6. Otstavnov A. A., Aliferenkov A. D., Primin O. G. S.O.K. 2006. №6. Pp. 18–23. URL: [c-o-k.ru/archive-cok?num=6&year=2006](http://c-o-k.ru/archive-cok?num=6&year=2006).
7. Korotov V.V., Ivanova D.E., Rusin V.A., Vinokurova I.M. Metody monitoringa korrozii truboprovoda. Materialy nauchno-prakticheskoy konferentsii «Kompleksnyye problemy tekhnosfernoy bezopasnosti» Voronezh. 2015. pp. 52-57.
8. Chuhareva N.V., Mironov S.A., Tikhonova T.V. Prediction of accidents and damage to gas pipelines in Far North conditions. Electronic scientific journal "Oil and Gas Business", 2012, Issue 3, Pp. 99-107.
9. Primin O.G., Ten A.E. Ekologiya i promyshlennost' Rossii. 2016. №9. Pp. 20-25. URL: [doi.org/10.18412/1816-0395-2016-9-20-25](https://doi.org/10.18412/1816-0395-2016-9-20-25).
10. Minchenkov A.V. Neft'. Gaz. Novatsii. 2017. №12. Pp. 73-76. URL: [neft-gaz-novacii.ru/ru/archive/96-2017/1736-12-2017](http://neft-gaz-novacii.ru/ru/archive/96-2017/1736-12-2017).
11. Aghazada Y.J., Abbasov V., Abdullayev S., Hasanov E., Suleymanova S. Polish Journal of Chemical Technology. 2017. Volume 19. №4. Pp. 80-86.
12. Zaytseva O.V., Klenova N.A. Neftyanoye khozyaystvo. 2008. №4. Pp. 92-95. URL: [oil-industry.net/Journal/archive\\_detail.php?ID=7773&art=119130](http://oil-industry.net/Journal/archive_detail.php?ID=7773&art=119130)