

**ПОВЫШЕНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК
МАГИСТРАЛЬНЫХ ГАЗОПРОВОДОВ ЗА СЧЕТ ПРИМЕНЕНИЯ
СПЕЦИАЛЬНЫХ ПОЛИМЕРНЫХ ПОКРЫТИЙ
IMPROVING THE OPERATIONAL CHARACTERISTICS OF MAIN GAS
PIPELINE THROUGH THE USE OF SPECIAL POLYMER COATINGS**

Азаров В.А., аспирант кафедры МиТХИ Санкт-Петербургского Горного Университета,
г. Санкт-Петербург, s225040@stud.spmi.ru.

Пряхин Е.И., д.т.н., заведующий кафедрой МиТХИ Санкт-Петербургского Горного
Университета, г.Санкт-Петербург, Pryakhin_EI@pers.spmi.ru.

Аннотация. В связи с постепенным изменением компонентного состава природного газа в сторону повышения доли более тяжелых компонентов, а также прокладкой газопроводов в различных климатических зонах, начиная от пустынных и заканчивая зонами Крайнего Севера, необходимо критическое рассмотрение существующих гладкостных покрытий, разработанных для повышения эксплуатационных характеристик газопроводов. Данная работа направлена на анализ существующих недостатков таких покрытий.

Ключевые слова: гладкостное покрытие, магистральный газопровод, природный газ, потери давления по длине, защитные покрытия.

Abstract. Due to the gradual change in the composition of the gas towards a greater proportion of detection of components, as well as the laying of gas pipelines in various climatic zones, a stop from the desert and closed zones of the Far North, it is necessary to critically consider the detection of smooth coatings aimed at expanding the use of gas pipeline characteristics. This work is aimed at the analysis of adverse events.

Key words: smooth coating, main gas pipeline, natural gas, pressure loss along the length, protective coatings.

Введение. С развитием топливно-энергетического комплекса Российской Федерации появляются новые проблемы и вызовы, которые требуют определенных решений. Проблемы снижения потерь давления при транспорте природного газа, и вместе с тем предотвращение активного коррозионного износа магистральных газопроводов всегда являлась актуальными и до сих пор требует проведения серьезных исследований для их решения. С каждым годом уменьшается количество легкоизвлекаемых запасов углеводородов, а вместе с этим ухудшаются их качественные характеристики, требующие всё большей степени подготовки к транспорту и дополнительной очистки. Вследствие этого увеличивается коррозионное воздействие на стенку трубы, приводящее к уменьшению срока службы трубопровода. Наряду с этим повышается доля тяжелых компонентов в углеводородных смесях, транспортируемых по трубопроводным системам, что приводит к увеличению энергозатрат на транспортировку.

Основная часть. Подробный анализ влияния компонентного состава природного газа на потери давления по длине представлен в [1]. Авторами показано, что транспортирование этансодержащего газа приводит к большим потерям давления, чем сеноманского, состоящего на 98 % из метана и, как правило, транспортирующегося по единой системе газоснабжения. Одним из частых способов решения проблемы внутренней коррозии и снижения потерь по длине трубопровода является использование полимерных защитных и гладкостных покрытий. Полимерные покрытия являются важным элементом защиты от коррозии материала трубопровода и от различных негативных проявлений транспортируемой среды. Например, в [2] приводится факт того, что скорость коррозии при использовании полимерного защитного покрытия может сильно снижаться. В то же время в [3] подчеркивается, что защитные покрытия на основе полиме-

ров является одними из наиболее предпочтительных методов защиты от коррозии по причине их экономической и технической универсальности. При этом полимерные покрытия позволяют решить задачу снижения потерь давления по длине на магистральных газопроводах. Таким образом, важно одновременно обеспечить как защиту трубопровода от коррозионных процессов, так и увеличить его пропускную способность.

На данный момент наиболее часто используемыми в качестве внутреннего гладкостного и защитного покрытия являются покрытия на основе эпоксидных смол. Впервые такие покрытия начали применяться в 1960-х в США [4]. Эффективность использования эпоксидного покрытия на трубопроводах большого диаметра подтверждается и в [5]. Авторы данной работы показывают, что использование такого покрытия позволяет снизить шероховатость поверхности трубопровода, и, как следствие, снизить потери давления по длине. Прецеденты использования эпоксидного порошкового покрытия в качестве внутреннего гладкостного покрытия можно найти и на территории России. Так, в [6] показано, что экспериментальное исследование по применению такого покрытия проводилось на Ярего-Ухтинском трубопроводе. Следует отметить, что эпоксидные покрытия имеют ряд недостатков. При прокладке трубопроводов в Южных районах эксплуатационная температура транспортировки природного газа может достигнуть 1000 °С и более градусов, что является высокой температурой для использования эпоксидного покрытия. Кроме того, эпоксидное покрытие имеет низкую эластичность и стойкость к удару, что накладывает определенные ограничения на монтаж трубопровода в период укладки трассы магистрального газопровода [7]. Также трубопроводные системы могут прокладываться в условия Крайнего Севера, которые характеризуются экстремально низкими температурами. При этом вследствие низкой температуры эпоксидные покрытия могут охрупчиваться и далее трескаться и отслаиваться от стенки трубопровода. На данный момент гладкостные покрытия обладают некоторым рядом недостатков: высокая стоимость труб с гладкостным покрытием; возможность повреждения очистным скребком, малая стойкость к повышенным температурам и невозможность полного исключения шероховатости [8]. Данные проблемы требуют дальнейшего рассмотрения и решения.

Заключение. Предполагаемым вариантом решения может быть антиадгезионное покрытие с низкой шероховатостью, которое по своим характеристикам будет стойким к влиянию различных негативных факторов (химический состав транспортируемой среды, эксплуатационная температура, воздействие мелких механических частиц и царапание скребком во время очистки и т. д.). Данное покрытие также позволит внедрить использование комбинированных методов в области поиска решений при исследовании снижения гидравлических сопротивлений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Модестова С.А. Обоснование эффективности смешения сеноманского и этансодержащего газов / С.А. Модестова, В.А. Азаров, А.А. Лягова // Газовая промышленность. – 2022. – № 7 (835). – С. 86–93.
2. Alabtah F.G. et al. Towards the development of novel hybrid composite steel pipes: Electrochemical evaluation of fiber-reinforced polymer layered steel against corrosion // Polymers (Basel). – 2021. – Vol. 13, № 21.
3. Varley R.J., Leong K.H. Polymer coatings for oilfield pipelines // Springer Series in Materials Science. – 2016. – Vol. 233. – P. 385–428.
4. Ретроспективный анализ развития и перспективы применения трубопроводов с внутренним гладкостным покрытием / А.Б. Васенин, С.Е. Степанов, А.М. Зюзев [и др.] // Автоматизация и ИТ в нефтегазовой области. – 2022. – № 3(49). – С. 46–56.
5. Yang X.H. et al. Aerodynamic evaluation of an internal epoxy coating in nature gas pipeline // Prog. Org. Coatings. – 2005. – Vol. 54, № 1. – P. 73–77.

6. Salnikov A.V. et al. Experimental Evaluation of the Adhesion Properties of the Internal Smoothness Coating of Pipelines to the Asphalt-and-oil-paraffin Deposits of Oil from the Yarega Field // SOCAR Proc. – 2020. – № 5. – P. 51–58.

7. Герасимов, В. В. Внутреннее гладкое и антикоррозионное покрытие для магистральных газопроводов общего назначения / В. В. Герасимов // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. – 2013. – № 7–8. – С. 109–111.

8. Залесова, А. В. Особенности применения внутритрубных гладкостных покрытий / А.В. Залесова, Н.Г. Думицкая // Инновационная наука. – 2017. – Т. 3, № 4. – С. 43–46.

УДК 622.236.2

**ОБОСНОВАНИЕ НЕОБХОДИМОСТИ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ
ГИДРОМОЛОТОВ НА ОСНОВЕ СИСТЕМНОГО АНАЛИЗА
НЕДОСТАТКОВ СУЩЕСТВУЮЩИХ РЕШЕНИЙ
JUSTIFICATION OF THE NEED TO IMPROVE HYDRAULIC HAMMERS BASED
ON THE SYSTEM ANALYSIS OF THE SHORTCOMINGS OF EXISTING
SOLUTIONS**

Азимов А.М. аспирант,
Жуков И.А. д.т.н., доцент, зав. каф. машиностроения,
Санкт-Петербургский горный университет, Санкт-Петербург
Azimov A.M. postgraduate student, Zhukov I.A. Doctor of Technical Sciences,
Associate Professor, Head of the Department mechanical engineering,
Saint Petersburg Mining University, Saint Petersburg

Аннотация. С целью выявления состояния изученности выбранной области исследований был проведен системный и критический анализ существующих разработок, статей, диссертаций и патентов на изобретения и промышленные образцы.

На основе проведенного системного и критического анализа были выявлены 5 основных направлений исследований, по которым можно группировать изученные материалы, также выявить преимущества и недостатки существующих гидромолотов, а также менее изученные проблемы.

Ключевые слова: удар, гидромолот, разрушение негабаритов, скалывание горной породы, дробление, разработка, выемка.

Abstract. In order to identify the state of knowledge of the chosen field of research, a systematic and critical analysis of existing developments, articles, dissertations and patents for inventions and industrial designs was carried out

Based on the conducted systematic and critical analysis, 5 main research directions were identified, according to which the studied materials can be grouped, as well as the advantages and disadvantages of existing hydraulic hammers, as well as less studied problems.

Key words: impact, hydraulic hammer, destruction of oversized, rock chipping, crushing, mining, excavation.

Введение. Разработка месторождений полезных ископаемых, которые применяются в качестве строительных материалов, как в Российской Федерации, так и в других странах ведется открытым способом, путем разрушения породы буровзрывным методом [1–2]. При этом дальнейшая обработка массива ведется с применением гидравлических ударных устройств, предназначенных для дробления негабарита.

Гидромолоты (рис. 1) являются наиболее распространенными машинами, применяемыми при проведении работ связанных с разрушением горных пород и различных твер-