

## Секция 1: Экологические основы прогрессивных технологий

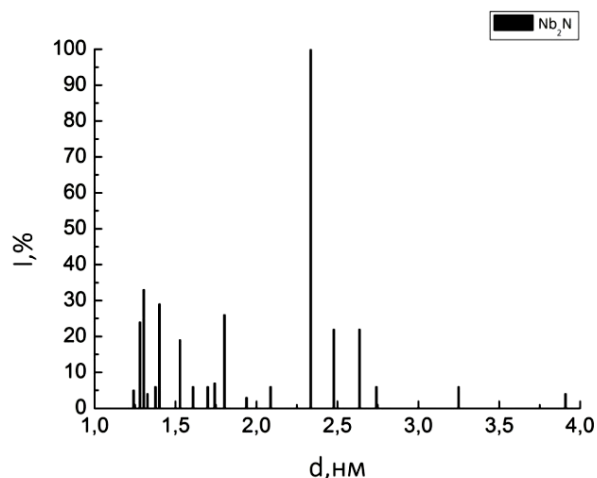


Рис. 2. Рентгенограмма продуктов сгорания в жидком азоте компактированного образца смеси нанопорошка алюминия с пентаоксидом ниобия

*Работа выполнена при поддержке Государственного задания «Наука», проект № 11.1928.2017/4.6.*

## Литература.

1. Роот Л.О., Ильин А.П., Звягинцева Е.С. Зависимость выхода нитрида алюминия от массы навески и давления воздуха при горении нанопорошка алюминия. - Известия Томского политехнического университета - №3. 2013г.
2. Громов А.А., Ильин А.П., Дитц А.А. и др. Физика и химия горения нанопорошков металлов в азотсодержащих средах – Томск: Изд-во Том. ун-та, 2007. - 332 с. 7.
3. Громов А.А., Хабас Т.А., Ильин А.П. и др. Горение нанопорошков металлов / Под ред. А.А. Громова. Томск: Дельтаплан, 2008. 382 с. Ковба Л.М., Трунов В.К. Рентгенофазовый анализ. – М.: МГУ, 1976. – 232 с.
4. Самсонов Г.В. Нитриды / Г.В. Самсонов // Киев: Наукова думка, 1969. – 377 с.
5. Лорян В. Э., Боровинская И. П. О горении алюминия в азоте // Физика горения и взрыва. 2003. Т. 39. № 5. с. 45-54.

### МЕРОПРИЯТИЯ ПО УМЕНЬШЕНИЮ ПОТЕРЬ ПРИ ТРАНСПОРТИРОВКЕ ПРИРОДНОГО ГАЗА

*Е.В. Федорова, студент 4 курса, Н.А. Алексеев, старший преподаватель  
Томский политехнический университет*

*634050, г. Томск пр. Ленина 30, тел. (3822)-12-34-56*

*E-mail: lii\_fedorova@mail.ru*

**Аннотация:** В газораспределительной сети имеют место производственно-технологические потери природного газа, как нормированные, так и сверхнормативные. В связи с развитием газификации (увеличением протяженности газопроводов, ростом количества газифицированных квартир, объектов и т.д.), старением газопроводов и изношенностью оборудования нормированные потери газа в газораспределительных сетях немного повысятся и к 2030 году составят около 2% от объемов потребления. Ожидается, что потери природного газа в газотранспортной системе в 2030 году достигнут уровня 0,3% от объемов его транспортировки. В работе рассмотрены виды и источники технологических потерь природного газа, изучены способы их уменьшения при транспортировке по магистральным газопроводам.

**Abstract:** In gas-distributing network there can be normalized and above-standard production and technological losses of natural gas. Due to the development of gasification (the extension of gas pipelines, a growing number of gasified apartments, facilities, etc.), ageing of gas pipelines and the depreciation of equipment normalized-losses of gas in gas distribution networks will increase slightly in 2030 will be about

2% of the volume of consumption. It is expected that losses of natural gas in the transmission system in 2030 will reach the level of 0.3% of total transport. The article discusses the types and sources of technological losses of natural gas, studied ways to reduce them during transportation through trunk gas pipelines.

Технологические потери природного газа при транспортировке магистральным трубопроводом – это часть природного газа, принятого для транспортировки, безвозвратно теряемого в процессе транспортировки, обусловленного технологическими особенностями этого процесса, установленного проектной документацией, а также физико-химическими характеристиками транспортируемого газа. Источником технологических потерь природного газа может являться производственный объект (сооружение, оборудование, аппарат) магистрального газопровода, вследствие технической эксплуатации которого возникают потери природного газа.

Подготовку материалов по обоснованию технологических потерь газа природного для утверждения нормативов технологических потерь газа в плановом периоде субъектам хозяйственной деятельности рекомендуется осуществлять на основе нормативных технических документов и утвержденных проектных документов, регламентирующих технологический процесс транспортировки:

- нормативной технической документации, регламентирующей эксплуатацию оборудования и сооружений;
- технологической части утвержденной проектной документации;
- технологических карт;
- технологических регламентов;
- карт технологических режимов;
- паспорта технологического оборудования, технических условий на их эксплуатацию и т.п.

Расчёты технологических потерь осуществляются по каждому конкретному месту образования потерь с использованием результатов измерений и данных лабораторных испытаний. По объектам капитального строительства и реконструкции могут использовать расчёты на основе данных, определённых техническим проектом.

Технологические потери могут рассчитываться для двух периодов года: осенне-зимнего (с 1 октября по 31 марта) и весенне-летнего (с 1 апреля по 30 сентября). С целью учёта климатического фактора, влияющего на технологические потери при транспортировке, субъекты Российской Федерации распределены по климатическим группам согласно ГОСТ 16350-80. Распределение субъектов РФ по климатическим группам представлено в таблице 1. Средняя температура воздуха в осенне-зимний и весенне-летний периоды определяется по СНиП 23-01-99.

Таблица 1

Распределение субъектов РФ по климатическим группам  
для применения норм технологических потерь природного газа

Климатическая группа	Субъекты РФ: республики, края, области, города федерального значения, автономная область, автономные округа
1	2
I	<b>Республики:</b> Коми, Саха (Якутия); <b>Автономные округа:</b> Ханты-Мансийский автономный округ – Югра, Чукотский, Ямало-Ненецкий; <b>Области:</b> Амурская, Магаданская, Томская; <b>Края:</b> Красноярский (севернее 56 с.ш.), Хабаровский (севернее 56 с.ш.)
II	<b>Республики:</b> Алтай, Башкортостан, Бурятия, Карелия, Марий Эл, Мордовия, Татарстан, Тыва, Удмуртская, Хакасия, Чувашская – Чувашия; <b>Автономные округа:</b> Ненецкий; <b>Края:</b> Алтайский, Забайкальский, Камчатский, Красноярский (южнее 56 с.ш.), Пермский, Приморский, Хабаровский (южнее 56 с.ш.); <b>Области:</b> Архангельская, Белгородская, Брянская, Владимирская, Волгоградская, Вологодская, Воронежская, Ивановская, Иркутская, Калининградская, Калужская, Кемеровская, Кировская, Костромская, Курганская, Курская, Ленинградская, Липецкая, Московская, Мурманская, Нижегородская, Новгородская, Новосибирская, Омская, Оренбургская, Орловская, Пензенская, Псковская, Рязанская, Самарская, Саратовская, Сахалинская, Свердловская, Смоленская, Тамбовская, Тверская, Тульская, Тюменская, Ульяновская, Челябинская, Ярославская;

Секция 1: Экологические основы прогрессивных технологий

Климатическая группа	Субъекты РФ: республики, края, области, города федерального значения, автономная область, автономные округа
	<b>Автономная область:</b> Еврейская; <b>Города федерального значения:</b> Москва, Санкт-Петербург
III	<b>Республики:</b> Адыгея, Дагестан, Ингушетия, Кабардино-Балкарская, Калмыкия, Карачаево-Черкесская, Северная Осетия – Алания, Чеченская; <b>Области:</b> Астраханская, Ростовская; <b>Края:</b> Краснодарский, Ставропольский

На основании расчётов количества технологических потерь газа по каждому источнику составляется ведомость технологических потерь газа по объекту и сводная ведомость по тарифному участку.

При проведении расчётов показатели, входящие в формулы для расчёта технологических потерь газа, (кроме общепринятых) подтверждаются документами (например, актами проведенных испытаний и т.п.).

Технологические потери природного газа на объектах магистрального газопровода (МГ) можно подразделить на следующие виды:

1) неизбежное стравливание в атмосферу при технологических операциях и эксплуатации оборудования;

2) вследствие допустимых утечек из оборудования и аппаратов (согласно заводских паспортов по эксплуатации на данное оборудование и аппараты).

К первому из перечисленных видов относятся:

*Объектовые:*

- потери газа при плановых или технологически обоснованных пусках, остановках и изменении режимов газоперекачивающих агрегатов (ГПА) (работа турбодетандера; продувка контура нагнетателя; стравливание газа из контура нагнетателя; импульсный газ на управление силовым приводом запорной арматуры и устройств контрольно-измерительных приборов и автоматики (КИПиА));
- потери газа при эксплуатации технологических аппаратов и коммуникаций (потери газа через свечи газоотделителей системы уплотнения центробежных нагнетателей; продувка пылеуловителей, конденсатосборников, сепараторов, вымораживателей, фильтров; проверка срабатывания сбросных предохранительных клапанов (СПК) и др.).

*Линейные:*

- потери при продувке конденсатосборников через дренажные линии;
- потери импульсного газа при эксплуатации силовых пневмоприводов кранов;
- потери при продувке сепараторов и пылеуловителей на газораспределительных станциях (ГРС);
- потери при эксплуатации пневморегуляторов и пневмоустройств, КИП, систем автоматики и телемеханики ГРС.

К технологическим потерям газа природного не относятся:

- потери газа, вызванные нарушением нормативных правовых и (или) нормативно-технических документов, регламентирующих эксплуатацию оборудования, технологических процессов, сооружений;
- потери газа, произошедшие при производстве аварийно-восстановительных работ;
- количество газа, используемое при проведении регламентных и ремонтных работ, а также при производстве испытаний на объектах магистральных газопроводов;
- потери газа при зачистке и опорожнении оборудования;
- потери газа при проведении диагностики и испытаний на объектах МГ, таких как:
  1. очистка внутренней полости и внутритрубной технической диагностики действующих газопроводов;
  2. ликвидация аварий и гидратных пробок;
  3. ремонт и реконструкция труб на линейном участке МГ;
  4. врезка отводов и перемычек в МГ со стравливанием природного газа;
  5. заправка одоризационных и метанольных установок;
  6. ревизия и замена сужающих устройств (диафрагм) на ГИС и пунктах замера расхода природного газа;
- количество газа, использованное на собственные и (или) коммунальные нужды;

- потери газа, возникшие вследствие аварий, хищений транспортируемого газа [1].

Потери и затраты газа условно можно разделить на явные и неявные. Явные потери и затраты очевидны. Их можно обнаружить по звуковому эффекту, увидеть по проявлению вторичных признаков, непосредственно замерить или рассчитать, зная параметры соответствующего технологического процесса.

Неявными потерями и затратами можно считать:

- перерасход топливного газа на компрессорной станции (КС) при снижении гидравлической эффективности линейных участков ГПА;
- потери при отклонении режимов ГПА от оптимальных;
- затраты топливного газа при наличии перетоков компримированного газа в обвязках нагнетательных и входных коммуникаций ГПА и КС;
- потери газа в результате фазовых превращений в газопроводе (образование жидкой фазы и гидратов);
- утечки из-за образовавшихся в ГПА конденсата и воды в процессе очистки и разгазирования в утилизаторах;
- потери при эксплуатации на КС безрегенеративных газотурбинных установок [2].

На каждый источник технологических потерь подготавливается документальное подтверждение их неизбежности и безвозвратности на основании инвентаризации источников потерь.

Документами, обосновывающими неизбежность технологических потерь природного газа, являются:

- нормативные технические документы;
- технологическая часть проектного решения КС и линейной части МГ;
- технологические схемы компрессорных станций (КС) магистральных газопроводов (МГ);
- технологические схемы линейной части МГ;
- утверждённые технологические регламенты по эксплуатации оборудования и сооружений;
- паспорта на технологическое оборудование и сооружения;
- результаты лабораторных испытаний природного газа, перекачиваемого МГ [1].

Самые большие «потери» газа при транспорте по МГ происходят в виде затрат топливного газа на компримирование. Около 80 % газа на КС сжигается в камерах сгорания ГТУ – это потери производительные. Однако, непроизводительные затраты товарного газа тоже велики, порядка 20 % от расхода топливного газа. Их можно уменьшить, применяя современное оборудование и специальные технологии [2].

Материал, приведённый в таблице 2, показывает, что более половины потерь газа (около 54...56 %) происходит вследствие нарушения герметичности конструкций. Поэтому первоочередной задачей является сокращение больших потерь газа через неплотности как в обвязке КС, так и на линейных участках газопроводов. Для этого необходимо совершенствовать конструкции узлов с целью повышения герметичности, а также изыскивать методы и разрабатывать специальные приборы для определения мест утечек газа и их последующего устранения.

Примерно 24...27 % потерь газа имеет место в ходе технологических операций на КС. Сокращение данного вида потерь – задача конкретная и требует разработки специальных технологий. В первую очередь, это технологии по устранению потерь в пылеуловителях (22...25 %), а также при пусках и остановках ГПА (2 %) [2].

Таблица 2

Основные виды потерь природного газа при его транспортировке по магистральным газопроводам

Основные причины потерь газа	Потери, млн.м <sup>3</sup>	% потерь
Потери газа при ремонте линейной части	7-8	1
Потери при разрывах и разрушениях газопроводов	170-180	18-19
Потери через неплотности газопровода	80-90	54-56
Потери газа через неплотности в обвязке КС	340-350	
Потери при пусках и остановках ГПА	17-18	2
Потери газа в пылеуловителях	200-250	22-25
Всего	814-896	100

Потери газа можно уменьшить, устранив причины их возникновения:

- сведя к минимуму аварийные потери газа на линейной части МГ и КС;
- применив современные технологии утилизации газовых выбросов из системы МГ;
- понизив расход топливного газа на нерасчётных режимах путем оптимизации параметров оборудования КС;
- исключив перерасход топливного газа вследствие физического износа оборудования путем реконструкции КС и модернизации ГПА [2] (применение газотурбинных ГПА с надёжностью, топливной экономичностью и экологическими показателями международного уровня, применение нового поколения электроприводных ГПА с регулируемой частотой вращения [3]);
- совершенствуя количественный учёт газа, применяя надёжные способы замера производительности МГ. Повышение точности замера при сведении баланса между объёмами поставки и потребления необходимы, т.к. «разбаланс» может составлять 1...2 % от производительности МГ.
- ликвидации разного рода неплотностей в линейной части трубопроводов и обвязке КС, вызывающих потери газа [2];
- применение высокопрочных труб большого диаметра с гладкостным внутренним покрытием для уменьшения гидравлических потерь [3];
- сведением к минимуму выбросов газа в атмосферу при проведении различных видов ремонта МГ;
- применением комбинированных утилизационных схем [2];
- применение устройств охлаждения газа нового поколения [3].

Для повышения экономичности и снижения выбросов вредных веществ при работе газоперекачивающего оборудования были разработаны технико-технологические решения применения газотурбинных агрегатов для реконструкции КС, продолжаются работы по модернизации камер сгорания эксплуатируемых агрегатов с применением малоэмиссионных горелок [4].

Одну из основных причин – колебание производительности газопровода, можно свести к минимуму за счёт использования ёмкостей подземных хранилищ газа, буферных потребителей и т.д. Многолетний опыт развития отраслей газовой промышленности и, прежде всего, транспорта природных газов по магистральным газопроводам показывает, что разного рода технологические и другие виды потерь газа в отрасли достигают величины порядка 8 – 9 млрд. м<sup>3</sup> в год и не имеют заметной тенденции к сокращению [2].

Литература.

1. Методические рекомендации по определению и обоснованию технологических потерь природного газа при транспортировке магистральным трубопроводным транспортом (утв. Министерством энергетики РФ 9 июля 2012 г.) [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://lawru.info/dok/2012/07/09/n170066.htm>, свободный. – Загл. с тит.экрана
2. Основные причины потерь газа на МГ и пути их сокращения [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://studopedia.org/11-36556.html>, свободный. – Загл. с тит.экрана.
3. Положение по технической эксплуатации газораспределительных станций магистральных газопроводов ВРД 39-1.10-069-2002.
4. Отчёт руководства ПАО «Газпром» за 2013 г.

#### МЕРОПРИЯТИЯ ПО СНИЖЕНИЮ ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ ПРИ ТРАНСПОРТИРОВКЕ ГАЗА

*С.С. Новожилова, студент, науч. рук. Н.А. Алексеев  
Томский политехнический университет  
634050, г. Томск пр. Ленина 30, тел. (3822)-12-34-56  
E-mail: novojilova173@gmail.com*

**Аннотация:** Данная работа посвящена отрасли транспорта углеводородов. Это обусловлено тем, что объекты данной отрасли расположены во всех географических зонах и оказывают заметное влияние на окружающую среду в большинстве регионов страны. В статье приводятся основные источники выбросов загрязняющих веществ и мероприятия по снижению этих выбросов.

**Abstract:** This work is devoted to the hydrocarbon transport industry. This is due to the fact that the objects of this industry are located in all geographical areas and have a significant impact on the environment in most regions of the country. The article provides the main sources of pollutant emissions and measures to reduce these emissions.