



УДК 33

## АНАЛИЗ НЕКОТОРЫХ ОСОБЕННОСТЕЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ ПЛАВУЧИХ РЕГАЗИФИКАЦИОННЫХ УСТАНОВОК ПРИ ДИВЕРСИФИКАЦИИ ПОСТАВОК ГАЗА В КАЛИНИНГРАДСКУЮ ОБЛАСТЬ

**Разгонюк Анастасия Станиславовна**

студентка 4 курса специальности Сервис нефтегазового комплекса инженерно-технического института БФУ им. И. Канта  
razgonyuck.nastya@gmail.com

### Аннотация

В статье анализируется текущая динамика газопотребления Калининградской области, рассматриваются существующие методы транспортировки природного газа; особенности оборудования и технологий сжижения и разжижения газа в России. Производится оценка динамики изменения структуры газотранспортной сети региона в связи с вводом в эксплуатацию ПРГУ «Маршал Василевский». Рассматривается вопрос диверсификации рисков энергопоставок.

**Ключевые слова:** сжиженный природный газ (СПГ), терминал, стендер, плавучая регазификационная установка (ПРГУ), подземное хранилище газа (ПХГ).

## ANALYSIS OF SOME OPERATION FEATURES OF FLOATING REGASIFICATION UNITS IN KALININGRAD REGION GAS SUPPLIES DIVERSIFICATION

**Anastasiia S. Razgoniuk**

student of the 4<sup>th</sup> course of the faculty Service of the oil and gas complex Engineering Institute of IKBFU

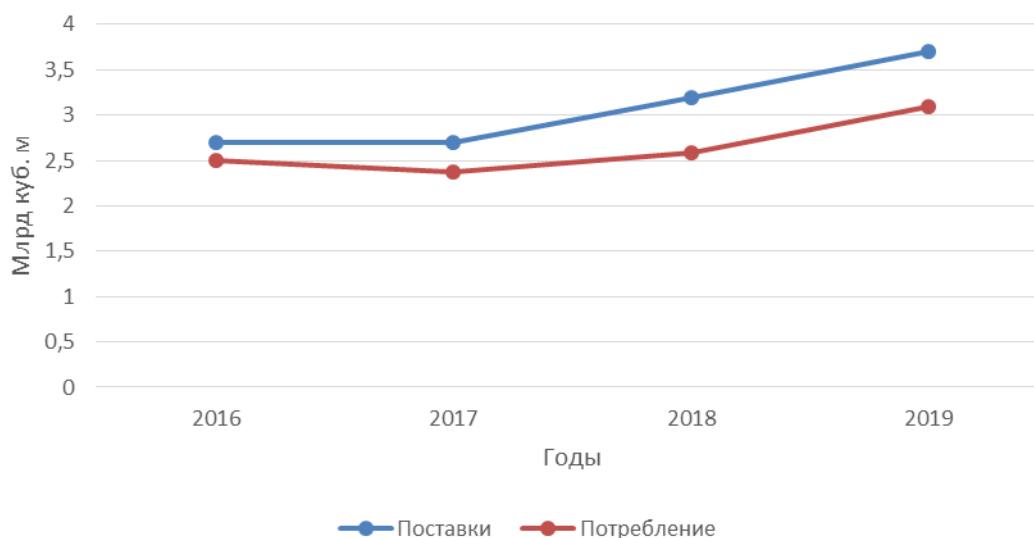
### ABSTRACT

The article analyzes the current dynamics of gas consumption in the Kaliningrad region, considers existing methods of natural gas transportation, and features of equipment and technologies for gas liquefaction in Russia. An assessment of changes dynamics in the structure of the gas transport network in the region in connection with the commissioning of the Marshal Vasilevsky FSRU was made. The issue of diversification of energy supply risks is considered.

**Key words:** liquefied natural gas (LNG), terminal, stander, floating storage and regasification unit (FSRU), underground gas storage (UGS).

## 1. Источники газоснабжения Калининградской области и анализ её потребностей в природном газе

В настоящее время, основное газоснабжение Калининградской области осуществляется по системе газопроводов «Торжок – Минск – Вильнюс – Калининград» через территорию Белоруссии и Литвы и существенно зависит от отбора газа потребителями этих стран. Чтобы обеспечить надежность газоснабжения Калининградской области создан альтернативный маршрут поставок газа – от регазификационного терминала, расположенного вблизи пос. Романово [1]. Для транспортировки газа в Калининград и область построен газопровод-отвод, соединяющий терминал и Калининградское ПХГ, а также, нитка, соединяющая напрямую терминал и Калининград (Рис. 1) [2].



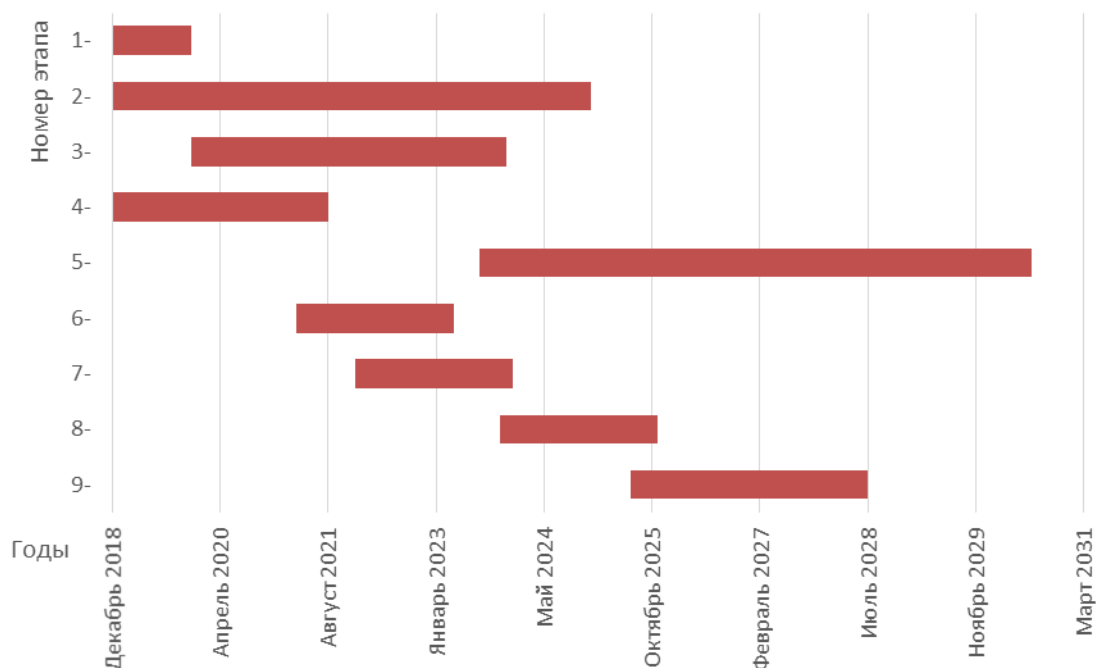
*Рисунок 1. Поставки и потребление природного газа в Калининградской области*

Далее газ поступает в реверсивном режиме по газопроводу-отводу Калининградского ПХГ и затем в газопровод Вильнюс – Калининград (1, 2 нитки) и в реверсивном режиме потребителям Калининградской области [2]. Подача газа в Калининградское ПХГ осуществляется в периоды пикового газопотребления, а также в случае аварийной остановки регазификационного терминала. Производительность терминала в 2018 году была рассчитана на обеспечение газом потребителей Калининградской области в объеме 2,705 млрд м<sup>3</sup> в год [9]. Из приведенной диаграммы видно, что объемы поставок газа в регион в 2018 году – возросли, в связи с выходом на производственные мощности терминала и приходом из Сингапура ПРГУ «Маршал Василевский». Рост поставок дал возможность Калининграду и области больше потреблять, особенно в сфере энергетики и ЖКХ.

На сегодняшний день Терминал и ПРГУ обеспечивают возможность получения природного газа морским транспортом в объеме до 3,7 млрд куб. м в год и способны, при необходимости, удовлетворить текущие и перспективные потребности Калининградской области.

Далее, с помощью диаграммы Ганта, нами представлен поэтапно план развития газоснабжения Калининградской области. На этой диаграмме: 1 – Строительство и подключение причала погрузки и выгрузки СПГ; 2- Расширение мощностей ПХГ; 3 – Увеличение доли СУГ в газопотреблении региона; 4 - Развитие газотранспортной сети в Калининградской области; 5 - Экспорт СУГ из Калининградской области; 6 - Модернизация линейной части МГ "Вильнюс-Калининград"; 7 - Переобучение персонала

ОАО "Газпром" в Калининградской области; 8 - Строительство новых объектов компрессорной станции; 9 - Разрыв новых резервуаров и ввод их в эксплуатацию.



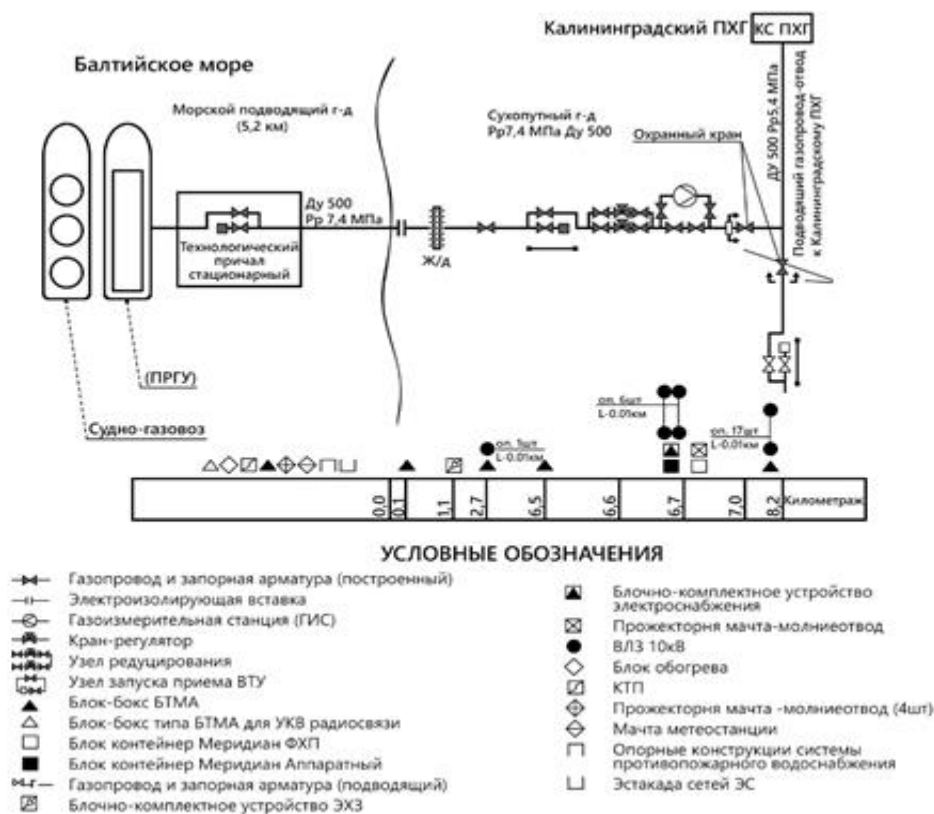
*Рисунок 2. План развития газоснабжения Калининградской области*

Представленная диаграмма помогает оценить скорость развития системы газоснабжения Калининградской области после ввода в работу морского причала, а также указывает на основные направления ее развития. Новый терминал способствует расширению объемов ПХГ и дает возможность Калининградской энергетике и промышленности формировать новые мощности [9].

## **2. Анализ технологических процессов погрузки-выгрузки СПГ на ПРГУ Маршал Василевский**

Введенный в строй терминал имеет в своем распоряжении 2 стеллера. При начале эксплуатации стеллера с помощью электрогидравлического дистанционного управления фланец подводится к экспортному манифольду ПРГУ, после чего, с помощью ассистентов, он фиксируется болтами [3]. После всех подготовительных работ и подтверждения готовности газопровода к работе, с ПРГУ начинает подаваться регазифицированный газ через стеллеры в газопровод, оборудованный запорной арматурой и узлом запуска очистного устройства [4]. После этого газ может направляться в газотранспортную систему Калининградской области.

Для транспортировки газа от морского терминала до точки подключения на Калининградское ПХГ построен газопровод-отвод протяженностью 13,4 км в том числе: по суше – 8,2 км и 5,2 км. по акватории Балтийского моря. Отвод построен из труб без внутреннего покрытия диаметром 530 мм. рассчитанных на рабочее давление 7,4 МПа. Выбор такого рабочего давления обусловлен необходимостью обеспечения в точке подключения к отводу на ПХГ давления 5,4 МПа. (Рис. 2)



*Рисунок 2. Технологическая схема «Терминал по приему, хранению и регасификации сжиженного природного газа (СПГ) в Калининградской области»*

Такое давление обеспечивает как в отводе на ПХГ, так и в магистральном газопроводе Вильнюс – Калининград скорость газа не выше 16-17,9 м/сек [5]. Кроме того, более высокое давление позволяет снизить гидравлические потери в газопроводе и, как следствие, уменьшить дросселирующий эффект, связанный с расширением газа.

### 3. Изменение технологических процессов погрузки-выгрузки при выходе ПХГ на производственные мощности

При выходе ПХГ на проектную мощность, возможно возникновение ситуации изменения технологической схемы погрузки – выгрузки на с существующем ПРГУ. Так производство сжиженного газа осуществляется при помощи его охлаждения до температуры конденсации. Это происходит в холодильных установках, где хладагент циркулирует в контурах. Также в процесс производства входят следующие этапы: очистка и осушка газа, сжатие газа и хладагента, охлаждение и выделение тяжелых углеводородов. В процессе газ сжижается до критического давления, около 4-5 МПа.

Для сжижения природного газа на установках используются разновидности циклов сжижения. Очень распространены циклы со смесями хладагентов. Технологические схемы и циклы выбирают исходя из требований к конечному продукту, а также производительности установки по сжижению. Самым эффективным по энергозатратам и используемому оборудованию считается ОХЦ – однопоточный холодильный цикл с предварительным охлаждением. Для сравнения был взят классический каскадный цикл (табл. 1) [1].

Оба цикла могут быть применены в ходе эксплуатации ПРГУ. Для анализа процессов, которые происходят в системе при фазовых переходах, используют между циклами уравнение состояния Пенга-Робинсона [6]. Применение этого уравнения помогает определить компонентный состав и параметры фазового перехода углеводородных систем:

$$p = \frac{RT}{V-b} - \frac{a(T)}{V(V+b) + b(V-b)} \quad (1)$$

где Р - давление газа; R - универсальная газовая постоянная; V - молярный объем; T - температура; a, b - коэффициенты.

Таблица 1. Сравнение циклов сжижения газа

Параметры	Классический каскадный цикл (аммиак-этилен-метан)	Однопоточный холодильный цикл	
		без предварительного охлаждения газа	с предварительным охлаждением газа
Степень сжатия хладагента	3-3,5	4,2-28	15-17
Максимальное сжатие газа, МПа	5-7	2,5-4	4-5
Удельная поверхность теплообменников, $M^2$ /т СПГ: водяных низкотемпературных	70-80 80-100	80-200 140-150	80-250 180-200
Удельные затраты энергии, квт*ч/т СПГ	300-450	400-450	300-380
Энергозатраты на предварительное охлаждение, %	40	Нет	40
Удельная суммарная производительность компрессоров, тыс. $M^3$ /т СПГ	8-10	3,5-6	3-6

Объем хранения у созданного ПРГУ не менее 170 тыс. $M^3$ , его длина и ширина составляют соответственно 294,7м и 46,4м. Высота борта 26,4 м. Дедвейт судна (DWT) – 118 423 т. На судне используется испаритель замкнутого цикла. Производительность испарителя СПГ в сутки: минимальная – 460 000 н  $M^3$ /сутки, максимальная – 14 000 000 н  $M^3$ /сутки.

Давление и температура газа на выходе регазификационной установки соответствуют стандарту и составляют 6,3-7,4 МПа и 0-20<sup>o</sup>С. Скорость погрузки СПГ не менее 10 тыс.  $M^3$ /ч. Максимально допустимое давление в емкости СПГ равно 0,7 бар. Также на ПРГУ существуют манифольды нескольких типов: криогенные, для погрузки СПГ (жидкостные) в комплекте с переходниками – 4 шт.; для возврата испарений – 1 шт.; а также манифольды высокого давления для выгрузки природного газа – 2 шт. с каждого борта, максимально приближенные к миделю [9].

На сегодняшний день, использование ПРГУ не является основным источником поставок газа, т.к., еще не все подземные резервуары размыты и готовы к заполнению.

Сейчас ПРГУ самостоятельно привозит и регазифицирует сжиженный газ, но в дальнейшем планируется закрепить его на терминале и получать газ от сторонних танкеров-газовозов [7].

Данный промышленный объект исходя из технико-технологических функций является к сложным [8]. Поскольку регазификационная технология связана с комплексным управлением различными термобарическими процессами. Основная цель регазификации – максимальная производительность ПРГУ и минимальное воздействие на окружающую среду. Выбор конкретной регазификационной схемы будет осуществлен при окончательном переводе ПХГ на совместную эксплуатацию с ПРГУ.

### **Заключение**

Разработка и внедрение в эксплуатацию новых газотранспортных систем применительно к Калининградской области имеет стратегическое значение, в связи с эксклавым положением региона. Использование систем транспортировки и регазификации сжиженного газа, представляет особый интерес, в связи с слабой развитостью данного сектора нефтегазового комплекса в России. Создание и апробация подобных систем на региональном уровне позволит в ближайшей перспективе значительно расширить географию поставок, обеспечить их энергонезависимость, создаст дополнительную нишу на мировом газовом рынке для Российских компаний и способствует повышению их конкурентных преимуществ.

Для Балтийского макрорегиона в целом, наличие подобных систем, важный элемент как технической инновационной деятельности, так и региональной политики, особенно с учетом строительства и ввода в эксплуатацию схожих терминалов в странах Прибалтики и Польше.

### **Список литературы**

1. Рачевский Б. С. Сжиженные углеводородные газы – 2009г. с. 486.
2. Щербань П.С., Латышева Е.А., Хованский А.В. Проблема обеспечения энергобезопасности Калининградской области и развитие ее газотранспортной системы // Научно-технические проблемы совершенствования и развития систем газоэнергоснабжения. - 2019. - №1 (7). - С. 8-17.
3. Щербань П.С., Латышева Е.А., Оценка современного состояния газотранспортной системы Калининградской области и перспективы дальнейшей газификации // Транспорт и сервис. - 2018. - №6. - С. 88-100.
4. СТО Газпром 2-2.3-569-2011 Методическое руководство по расчету и анализу рисков при эксплуатации объектов производства, хранения и морской транспортировки сжиженного и сжатого природного газа – с. 19.
5. Фальман А. Г., Агейский Д. Э. Перспективы регазификации СПГ. // Вестник международной академии холода. 2015. №2.
6. Щербань П.С., Хохлова А.В., Голованов В.В. Использование метода коммивояжера в разработке компьютерной программы по обслуживанию газораспределительных станций // Автоматизация, телемеханизация и связь в нефтяной промышленности. - 2018. - №1. - С. 40-45.
7. Федорова Е. Б. Современное состояние и развитие мировой индустрии сжиженного природного газа: технологии и оборудование. – М.: РГУ нефти и газа имени И. М. Губкина, 2011.
8. Щербань П. С., Нордин В. В. Комплексный подход к управлению качеством процессов функционирования сложных технических объектов // Вести высших учебных заведений Черноземья, 2014. № 4. С. 51-56

9. Федеральная целевая программа развития Калининградской области на период до 2020 года от 5 октября 2013 года № Пр-2372 [Электронный ресурс]. - URL: <http://docs.cntd.ru/document/901807531>

### References

1. Rachevsky B. S. Liquefied hydrocarbon gases - 2009 from. 486 [in Russian].
2. Shcherban PS, Latysheva EA, Khovansky A.V. The problem of ensuring energy security of the Kaliningrad region and the development of its gas transportation system // Scientific and technical problems of improving and developing gas energy supply systems. - 2019. - No. 1 (7). - S. 8-17 [in Russian].
3. Shcherban PS, Latysheva EA, Assessment of the current state of the gas transportation system of the Kaliningrad region and the prospects for further gasification // Transport and Service. - 2018. - No. 6. - S. 88-100 [in Russian].
4. STO Gazprom 2-2.3-569-2011 Guidelines for the calculation and analysis of risks in the operation of production facilities, storage and sea transportation of liquefied and compressed natural gas - p. 19 [in Russian].
5. Falman A. G., Ageevsky D. E. Prospects for regasification of LNG. // Bulletin of the International Academy of Refrigeration. 2015. No2 [in Russian].
6. Shcherban P.S., Khokhlova A.V., Golovanov V.V. The use of the traveling salesman method in the development of a computer program for servicing gas distribution stations // Automation, Remote Control and Communication in the Oil Industry. - 2018. - No. 1. - S. 40-45 [in Russian].
7. Fedorova Ye. B. Current state and development of the global liquefied natural gas industry: technologies and equipment. - M.: Gubkin Russian State University of Oil and Gas, 2011 [in Russian].
8. Shcherban P. S., Nordin V. V. An integrated approach to quality management of the functioning processes of complex technical objects // News of Higher Educational Institutions of the Chernozem Region, 2014. No. 4. P. 51-56 [in Russian].
9. The federal target program for the development of the Kaliningrad region for the period until 2020 dated October 5, 2013 No. Pr-2372 [Electronic resource]. - URL: <http://docs.cntd.ru/document/901807531> [in Russian].