

УДК 332.142.4

DOI 10.47813/nto.3.2022.6.413-424 EDN [HESPFA](#)



## Проблемы развития техносферной безопасности в нефтегазовой отрасли на терминале «Харьяга»

**Ш.В. Бузиков\*, О.М. Бузикова, М.В. Мотовилова, А.Ф. Сафиулин**

Вятский государственный университет, ул. Московская, 36, Киров, 610000,  
Россия

\*E-mail: [shamilvb@mail.ru](mailto:shamilvb@mail.ru)

**Аннотация.** Обеспечение технологической безопасности нефтегазовой промышленности на основе анализа факторов, которые могут привести к преднамеренным и непреднамеренным причинам рисков является актуальной. В связи с этим целью исследования является оценка техносферной опасности на примере терминала «Харьяга». В качестве объекта исследования был выбран терминал «Харьяга», который введен в эксплуатацию в июле 2003 года и предназначен для приема нефти подготовленных для первой группы качества (ГОСТ Р-51858-2002) на Южно-Шапкинском, Пашшорском, Верхнегрубешорском, Южно-Юрьяхинском месторождениях. В результате проведенных исследований были проанализированы основные причины, которые могут привести к аварийным ситуациям на терминале, что приведет к серьезным последствиям для жизни и здоровья человека и окружающей среды. Выявили причины, способствующие возникновению и развитию неблагоприятных последствий. Проведен расчет вероятностей возникновения аварийных ситуаций на основе анализа имеющейся статистической информации, а также использовании логических схем возникновения аварий за счет построения «деревьев отказов» и «деревьев событий». Провели классификацию технологических блоков (площадок) по взрывоопасности и значениям энергетических показателей. В результате были определены условия для обеспечения наиболее эффективной деятельности работника и сохранения окружающей среды на терминале «Харьяга».

**Ключевые слова:** техносферная безопасность, нефтегазовая отрасль, опасный производственный объект.

## Analysis of the economic effect of increasing the reliability of information systems of digital agricultural enterprises

**Sh.V. Buzikov\*, O.M. Buzikova, M.V. Motovilova, A.F. Safiulin**

Vyatka State University, 36 Moskovskaya Str., Kirov, 610000, Russia

\*E-mail: [shamilvb@mail.ru](mailto:shamilvb@mail.ru)

**Abstract.** Ensuring the technological safety of the oil and gas industry based on an analysis of factors that can lead to deliberate and unintended risk causes is relevant. In this regard, the purpose of the study is to assess the technosphere hazard using the example of the Kharyaga terminal. The Kharyaga terminal, which was commissioned in July 2003 and is designed to receive oil prepared for the first quality group (GOST R-51858-2002) at the Yuzhno-Shapkinsky, Pashshorsky, Verkhnegrubeshorsky, Yuzhno-Yuryakhinsky fields, was chosen as the subject of the study. Because of the studies carried out, the main causes that can lead to emergencies at the terminal were analyzed, which will lead to serious consequences for human life and health and the environment. Identified causes contributing to the occurrence and development of adverse consequences. The probability of occurrence of emergencies was calculated based on the analysis of the available statistical information, as well as the use of logical schemes for the occurrence of accidents due to the construction of "failure trees" and "event trees." Explosion hazard and energy indicators classified process units (sites). As a result, the conditions for ensuring the most efficient activity of the employee and environmental conservation at the Kharyaga terminal were determined.

**Keywords:** technosphere safety, oil and gas industry, hazardous production facility.

## 1. Введение

Проблема безопасности востребована в современном мире, своевременный прогноз и предупреждение о надвигающихся рисках относится к технико-экономическим показателям, которые важны для сохранения окружающей среды и защиты интересов человека и общества. А также важны с точки зрения оценки мер безопасности, в достаточной мере ли они проработаны, адекватны ли они или нуждаются в усилении из-за возникающих угроз [1,2].

Нефтегазовая промышленность является важной частью экономики любой страны. Терминал «Харьяга» относится к техногенно-опасным объектам по добыче, транспортировке и хранении нефти и нефтепродуктов. Анализ безопасности системы на таких объектах – важный момент для предотвращения потерь. Необходимо оценивать риски, которые могут возникнуть из-за угроз различного характера. Это позволит предотвратить потери материального, экологического и социального характера [3].

Таким образом необходимо обеспечивать технологическую безопасность на основе анализа факторов, которые могут привести к преднамеренным и непреднамеренным причинам рисков.

## 2. Постановка задачи (Цель исследования)

В связи с этим целью исследования является оценка техносферной опасности терминала «Харьяга». Для достижения поставленной цели необходимо было решение нескольких задач. Во-первых, выявить причины возникновения аварийных ситуаций на терминале «Харьяга». Во-вторых, оценить вероятности возникновения аварийных ситуаций. В-третьих, определить классы опасности технологических блоков терминала.

## 3. Методы и материалы исследования

Для исследования был выбран терминал «Харьяга», который введен в эксплуатацию в июле 2003 года. Он предназначен для приема нефти подготовленных для первой группы качества (ГОСТ Р-51858-2002) на Южно-Шапкинском, Пашшорском, Верхнегрубешорском, Южно-Юрьяхинском месторождениях, а также нагрева, сепарации, учета и транспортировки её в межпромысловый нефтепровод «терминал Харьяга – Инзырей» [4].

В работе использовались материалы проектной и рабочей документации ООО «ПечорНИПИнефть».

В работе применяли методы системного, комплексного и сравнительного анализов.

Оценка класса опасности технологических блоков проводилась на основе требований ФНиП «Общие правила взрывобезопасности для взрывопожароопасных химических, нефтехимических и нефтеперерабатывающих производств» (утв. Приказом Ростехнадзора №96 от 11.03.2013) с помощью справочно-расчетной системы «ПВ-безопасность», имеющей свидетельство Госгортехнадзора (Ростехнадзора РФ) № 04-35/283 [5].

#### 4. Полученные результаты

Терминал «Харьяга» включает в себя одну технологическую линию – линию приема и перекачки товарной нефти. Технологический комплекс сооружений терминала «Харьяга» обеспечивает:

- прием, нагрев и разделение товарной нефти «Южно-Шапкинское» от нефтяного попутного газа;
- откачку товарной нефти в нефтепровод «терминал Харьяга – Инзырей»;
- учет нефти откачиваемой в нефтепровод «терминал Харьяга – Инзырей»;
- налив (слив) нефти в автомобильные цистерны с проведением учетно-расчетных операций;
- закачку реагентов для обеспечения транспорта нефти по нефтепроводу «Терминал Харьяга – Инзырей»;
- утилизацию сбросов нефтяного попутного газа.

В состав терминала «Харьяга» входят следующие основные технологические блоки:

- блок № 1 - резервуарный парк;
- блок № 2 - блок нагрева нефти;
- блок № 3 - блок концевой сепарации нефти;
- блок № 4 – блок качества на узле замера и учета товарной нефти;
- блок № 5 - факел аварийного сжигания газа;

- блок № 6 - насосная внешнего транспорта;
- блок № 7 - дренажная система;
- блок № 8 - реагентное хозяйство;
- блок № 9 - пункт налива нефти.

Опасными веществами, обращающимися на объекте терминал «Харьяга», являются: нефть, газовый конденсат, попутный нефтяной газ, сероводород, противотурбулентная присадка «M-FLOWTREAT» марка С.

Характеристика опасных веществ приведена в таблице 1.

**Таблица 1.** Характеристика опасных веществ.

Наименование вещества	опасного	Степень опасности и характер воздействия веществ
Нефть		Температура вспышки: -14 °С. Температура воспламенения: 45 °С. Температура самовоспламенения: 226 °С. Пределы воспламенения: 1,1-9,0 % об. Класс опасности: 3.
Газовый конденсат		Температура вспышки: 40-62 °С. Пределы воспламенения: 1-6 % об. Класс опасности: 4.
Попутный нефтяной газ		Температура самовоспламенения: 470 °С. Пределы воспламенения: 5-15 % об. Класс опасности: 4.
Сероводород		Температура самовоспламенения: 246 °С. Пределы воспламенения: 4,3-46 % об. Класс опасности: 2.
Противотурбулентная присадка «M-FLOWTREAT»		Температура самовоспламенения: 246 °С. Пределы воспламенения: 4,3-46 % об. Класс опасности: 2.

Аварийные ситуации возникают в результате ряда причин, основные приведены в таблице 2.

**Таблица 2.** Основные факторы, которые приводят к аварийным ситуациям на терминале.

Факторы, способствующие возникновению и развитию аварийных ситуаций	Причины, вызывающие аварийные ситуации
На терминале содержится большое количество нефти (пожароопасного вещества), при разгерметизации системы происходит воспламенение системы.	Нарушение герметичности оборудования вследствие коррозии и эрозии, гидравлического удара, физического износа, температурной деформации, усталости металла.
Нахождение оборудования под избыточным давлением создает дополнительную опасность	Прекращается подача энергоресурсов, происходит разрушение оборудования, отказы.

разгерметизации от повышения давления.		
Легковоспламеняющийся газ является источником возгорания и взрыва.	При недостаточном контроле на осмотре и выявлении дефектов.	
Возможность отравления персонала при вдыхании метана, этана, пропана, азота, диоксида углерода.	Не достаточное внимание при оценке данного фактора риска.	
При попадании реагентов на кожные покровы возникают химические ожоги.	Нарушение техники безопасности при рабочем процессе.	
Разгерметизация оборудования при коррозии оборудования сернистыми соединениями, абразивными частицами.	Аварии на соседних установках, отказ системы ПАЗ, КИПаА.	

При утечке веществ происходит инициация неблагоприятного сценария. Частота учитывается по следующим параметрам:

- оценили количество неполадок и аварийных ситуаций в зависимости от вида оборудования;
- кроме этого учитывали внешние факторы воздействия.

Причины, по которым происходят выбросы загрязняющих веществ:

В результате пожара на объекте; при разгерметизации оборудования; преднамеренными и непреднамеренными действиями со стороны сотрудников и посторонних лиц; неквалифицированная работа операторов; отказ оборудования; переполнение резервуаров и т.д.

При построении «дерева отказов» и «дерева событий» получили вероятностные характеристики развития аварийных ситуаций, данные приведены в таблице 3.

Таблица 3. Вероятность возникновения основных событий

Оборудование	Степень аварийности (частота)	Размер утечки
Емкостное оборудование с избыточным давлением	$1 \times 10^{-6} \text{ год}^{-1}$	Мгновенный выброс всего содержимого
	$1 \times 10^{-5} \text{ год}^{-1}$	Выброс через отверстие в 25 мм за время перекрытия потока
Емкостное оборудование без избыточного давления, РВС	$1 \times 10^{-5} \text{ год}^{-1}$	Мгновенный выброс всего содержимого
	$1 \times 10^{-4} \text{ год}^{-1}$	Выброс через отверстие в 25 мм за время перекрытия потока
РВС	$1 \times 10^{-5} \text{ год}^{-1}$	Полное разрушение резервуара

	$1 \times 10^{-4} \text{ год}^{-1}$	Выброс через отверстие в 25 мм за время перекрытия потока
	$1 \times 10^{-4} \text{ год}^{-1}$	Возникновение вспышки внутри РВС
Теплообменные аппараты	$5 \times 10^{-5} \text{ год}^{-1}$	Полный разрыв одной и более трубок
	$1 \times 10^{-4} \text{ год}^{-1}$	Утечка через отверстие размером 10% от номинального диаметра, но не более 50 мм
Насосы	$1 \times 10^{-4} \text{ год}^{-1}$	Разрыв на полное сечение соединительного трубопровода максимального диаметра
	$5 \times 10^{-4} \text{ год}^{-1}$	Утечка через торцевое уплотнение или отверстие размером 10% от номинального диаметра соединительного трубопровода максимального диаметра, но не более 50 мм

В итоге получаем степень вероятности отказа равную  $1 \times 10^{-5}$  в 1/год. Если происходит разгерметизация оборудования, тогда учитываем следующие вероятности:

- возникновения источника воспламенения - 0,9.;
- горения пролива - 0,05.
- образования облака ТВС в среднем за год - 0,065, в зависимости от внешних факторов – направление и скорость ветра, температура окружающей среды.
- взрывного превращения облака (после его образования) при мгновенном воспламенении - 0,5, при отложенном - 0,1.
- факельного горения - 0,05.

По результатам полученных вероятностей событий определяем развития неблагоприятных сценариев для каждого технологического блока терминала.

Блок №1 «Резервуарный парк».

Частота частичной разгерметизации оборудования без возгорания -  $9,49 \times 10^{-5}$  1/год.

Частота взрыва ТВС с отложенным воспламенением и полной разгерметизацией одного из резервуаров -  $5,85 \times 10^{-8}$  1/год.

Блок №2 «Площадка печей подогрева нефти».

Частота возникновения пожара при полной разгерметизации одного из теплообменников и отложенном воспламенении -  $2,93 \times 10^{-7}$  1/год.

Блок №3 «Блок концевой сепарации нефти».

Частота частичная разгерметизация сепаратора без возгорания -  $9,55 \times 10^{-6}$  1/год.

Частота возникновения взрыва ТВС с возникновением пожара разлива при полной разгерметизации сепаратора и отложенном воспламенении -  $5,85 \times 10^{-9}$  1/год.

Блок №4 «Узел учета нефти с блоком качества».

Частота возникновения внутреннего возгорания дренажной емкости с частичным выгоранием нефти -  $8,00 \times 10^{-5}$  1/год, с полным выгоранием нефти -  $2,00 \times 10^{-5}$  1/год.

Блок №5 «Факел аварийного сжигания газа».

Частота возникновения внутреннего возгорания дренажной емкости с полным выгоранием газового конденсата -  $2,00 \times 10^{-5}$  1/год.

Блок №6 «Насосная внешнего транспорта».

Частота возникновения частичной разгерметизации торцевого уплотнения одного из насосов без возгорания -  $4,75 \times 10^{-4}$  1/год.

Частота возникновения взрыва ТВС с возникновением пожара разлива при полной разгерметизации соединительного трубопровода одного из насосов и отложенном воспламенении -  $5,85 \times 10^{-7}$  1/год.

Блок №7 «Дренажная система с емкостями».

Частота возникновения внутреннего возгорания одной из дренажных емкостей с частичным выгоранием нефти -  $8,00 \times 10^{-5}$  1/год.

Частота возникновения внутреннего возгорания одной из дренажных емкостей с полным выгоранием нефти -  $2,00 \times 10^{-5}$  1/год.

Блок №8 «Реагентное хозяйство».

Частота возникновения частичной разгерметизации торцевого уплотнения одного из шестеренных насосов без возгорания -  $1,43 \times 10^{-4}$  1/год.

Частота возникновения пожара разлива при полной разгерметизации емкости с противотурбулентной присадкой и мгновенном воспламенении -  $4,50 \times 10^{-7}$  1/год.

Блок №9 «Пункт налива нефти».

Частота возникновения внутреннего возгорания дренажной емкости с частичным выгоранием нефти -  $8,00 \times 10^{-5}$  1/год.

Частота возникновения внутреннего возгорания дренажной емкости с полным выгоранием нефти -  $2,00 \times 10^{-5}$  1/год.

Определение класса опасности технологических блоков терминала.

Классификация технологических блоков (площадок) по взрывоопасности и значения энергетических показателей представлены в таблице 4. Оценка взрывобезопасности технологических блоков производилась в соответствии с требованиями ФНиП «Общие правила взрывобезопасности для взрывопожароопасных химических, нефтехимических и нефтеперерабатывающих производств» (утв. Приказом Ростехнадзора №96 от 11.03.2013) с помощью справочно-расчетной системы «ПВ-безопасность», имеющей свидетельство Госгортехнадзора (Ростехнадзора РФ) № 04-35/283.

**Таблица 4.** Классификация технологических блоков (площадок) по взрывоопасности и значения энергетических показателей.

Номер блока	Аппаратура, оборудование технологической схемы, составляющие технологический блок	Относительный энергетический потенциал технологического блока	Категория взрывоопасности	Классы зон по уровню опасности возможных разрушений, травмирования персонала
Площадка сепарации	Сепаратор нефтегазовый НГС-II-0,6-2000-2-I – 1 шт.	4,12	III	1
Площадка газового сепаратора	Сепаратор центробежный вертикальный газовый СЦВ-500 – 1 шт	0,88	III	1
Насосная внешнего транспорта	Нефтяная насосная: Насос НПС-200-700 – 3 шт. (1 рез.) Подпорная насосная: Насос НК-200/120 – 2 шт. (1 рез.)	9,94	III	1
Площадка печей	Печь трубчатая блочная ПТЬ-10Э – 2 шт.	11,89	III	1

Резервуарный парк	Резервуар вертикальный стальной РВС-5000 – 2 шт.	24,1	I	1
Факельное хозяйство	Установка факельная – 1 шт.	2,48	III	1

Для расчета категории опасности помещений и объектов классифицировали их по взрывопожароопасной, пожарной и санитарной характеристике, данные приведены в таблице 5.

**Таблица 5.** Классификация производственных помещений, наружных установок и отдельных видов оборудования по взрывопожароопасной, пожарной и санитарной характеристикам.

Наименование производственных зданий, помещений, наружных установок	Категории взрывопожароопасной и пожарной опасности зданий и помещений	Классификация зон внутри и вне помещений для выбора и установки электрооборудования	
		Класс взрывоопасной или пожароопасной зоны	Группа производственных процессов по санитарной характеристике
		Класс взрывоопасной или пожароопасной зоны	Категория и группа взрывопожароопасных смесей
Производственное здание			
Узел приема очистных устройств	A	2	ПА-ТЗ 16
Нефтяная насосная	A	2	ПА-ТЗ 16
Подпорная насосная	D	2	ПА-ТЗ 16
Операторная	D	-	-
Насосная	D	-	-
пожаротушения			
Электропомещение		-	-
Площадка системы охлаждения торцевых уплотнений насосов	Dн	-	-
Площадка сепарации			
Нефтегазовый сепаратор	Ан	2	ПА-ТЗ 2г, 16
Резервуарный парк			
Резервуарный парк хранения нефти	Ан	2	ПА-ТЗ 2г, 16
Площадка печей			
Печи трубчатые блочные	Ан	2	ПА-ТЗ 2г, 16
Блок-боксы управления печами (БУ)	D	-	-
Система измерения количества и показания качества нефти			
Блок СИКН с ТПУ	A	2	ПА-ТЗ 16
Сооружения электроснабжения			
Распределительное устройство (РУ-6кВ)	D	-	-
Сооружения газоснабжения			
Сепаратор центробежный вертикальный газовый	A	2	ПА-Т1 -
Газораспределительный шкаф (ГРПШ)	A	2	ПА-Т1

Система сооружений обеспечения пожарной безопасности				
Пожарные емкости	Дн	-	-	-
Реагентное хозяйство				
БРХ	А	2	ПА-Т2	16
Здания и помещения постоянного размещения персонала				
АБК	Д	-	-	-
Слесарное помещение	Д	-	-	-
КПП	Д	-	-	-
Дренажная система				
Дренажные емкости	Ан	2	ПА-Т3	2г, 16
Складские площадки и помещения				
Стеллаж	Д	-	-	-
Склад ОГЭ	Д	-	-	-
Склад МЧС	Д	-	-	-
Маслосклад	Вн	П-III	-	2г, 16
Площадка хранения баллонов	Дн	-	-	-
Сооружения компрессорной				
Воздушная компрессорная	Д	-	-	16
Факельное хозяйство				
Факельная система	Гн	2	ПА-Т1	2г, 16
УФМГ-150ХЛ				
Факельная емкость	Ан	2	ПА-Т3	2г, 16
Пункт налива нефти				
АТ35А2(Н)1Х	А	2	ПА-Т3	16

При определении опасностей, связанных с особенностями используемого оборудования и условиями его эксплуатации, все установки были условно подразделены на районы работ (блоки), связанные между собой одним технологическим процессом, наличием взрывопожароопасных веществ и местом расположения [6,7].

## 5. Выводы

Нефтегазовая отрасль сочетает в себе такие опасные элементы как мощное оборудование, легковоспламеняющиеся химические вещества, процессы, протекающие под давлением, все это создает опасную производственную среду. Из-за повышенного класса опасности высока вероятность возникновения экологических, экономических, техносферных и чрезвычайных проблем, которые могут возникнуть в процессе добычи, транспортировки и переработки нефти.

В статье были проанализированы основные причины, которые могут привести к аварийным ситуациям на терминале, что приведет к серьезным последствиям для жизни и здоровья человека и окружающей среды. Причины выявили за счет анализа факторов, способствующие возникновению и развитию неблагоприятных последствий, так как

наличие на терминале пожароопасного вещества, в огромном количестве, оборудования, такого как сосуды под высоким давлением и др.

Также проведен расчет вероятностей возникновения аварийных ситуаций, который провели на основе анализа имеющейся статистической информации, а также использовании данных сценариев при построении «дерева событий» и «дерева отказов».

Кроме этого, с помощью справочно-расчетной системы «ПВ-безопасность» провели классификацию технологических блоков (площадок) по взрывоопасности и значения энергетических показателей.

Так как в последнее время модернизация законодательства идет в сторону развития превентивных мер, то определение и анализ основных сценариев развития аварийных ситуаций является ключевым моментом в риск-ориентированном подходе.

Таким образом, основной целью техносферной безопасности на терминале является создание безопасных условий для обеспечения наиболее эффективной деятельности работника и сохранения окружающей среды.

### Список литературы

1. Srivastava, Ashwani. New methodologies for security risk assessment of oil and gas industry / Ashwani Srivastava, J.P. Gupta // Process Safety and Environmental Protection. – 2010. – Vol. 88(6). – P. 407-412. – ISSN 0957-5820. <https://doi.org/10.1016/j.psep.2010.06.004>
2. Bajpai, Shailendra. Site security for chemical process industries / Shailendra Bajpai, J.P. Gupta // Journal of Loss Prevention in the Process Industries. – 2005. – Vol. 18(4-6). – P. 301-309. – ISSN 0950-4230. <https://doi.org/10.1016/j.jlp.2005.06.011>
3. Md. Tanjin Amin. A holistic framework for process safety and security analysis / Md. Tanjin Amin, Faisal Khan, Syeda Z. Halim, Stratos Pistikopoulos // Computers & Chemical Engineering. – 2022. – Vol. 165. – № 107963. – ISSN 0098-1354. <https://doi.org/10.1016/j.compchemeng.2022.107963>
4. ГОСТ Р 51858-2002 Нефть. Общие технические условия (с Изменениями N 1, 2, с Поправками) Сырая нефть. Технические условия. Методы анализа: Сб. стандартов. – М.: Стандартинформ, 2006 г.

5. Приказ Ростехнадзора ФНП в области промышленной безопасности 533 Об утверждении федеральных норм и правил в области промышленной безопасности "Общие правила взрывобезопасности для взрывопожароопасных химических, нефтехимических и нефтеперерабатывающих производств" Официальный интернет-портал правовой информации [www.pravo.gov.ru](http://www.pravo.gov.ru), 25.12.2020, N 0001202012250048.
6. Прохоров, В.А. Основы прогнозирования риска эксплуатации объектов транспорта и хранения нефтепродуктов / В.А. Прохоров, Д.В. Прохоров // Серия конференций ИОР: Материаловедение и инженерия. – 2021. – № 1079(7). – 072022. <https://doi.org/10.1088/1757-899x/1079/7/072022>
7. 116-ФЗ О промышленной безопасности опасных производственных объектов (с изменениями на 11 июня 2021 года) (редакция, действующая с 1 июля 2021 года) Российская газета, N 145, 30.07.97.