

Д. В. Панов^{1✉}, И. С. Ульдин¹, А. Ю. Кудряшов¹, И. И. Бочкарева²

Роль человеческого фактора в возникновении аварий и инцидентов на объектах нефтегазового комплекса: причины, последствия и меры профилактики

¹Сибирский государственный университет водного транспорта,
г. Новосибирск, Российская Федерация

²Сибирский государственный университет геосистем и технологий,
г. Новосибирск, Российская Федерация
e-mail: d.v.panov@nsawt.ru

Аннотация. В данной статье рассматриваются человеческие факторы, приводящие к авариям и инцидентам на объектах нефтегазовой отрасли, а также представлены предложения по внедрению новых технологий и методов в соответствии с анализом аварий Федеральной службой по экологическому, технологическому и атомному надзору за период с начала 2021 года по конец 2023 года. Дано обоснование внедрения новых технологий и методов анализа человеческого фактора. Проанализированы аварийные ситуации за каждый год на объектах нефтегазового комплекса, выявлены причины, послужившие источником возникновения, дана оценка последствиям аварий и даны рекомендации по профилактическим мероприятиям. Для оценки аварийности применен коэффициент детерминации R^2 . Описаны современные методы подготовки персонала в нефтегазовой отрасли, такие как имитационное обучение, интерактивное обучение, обучение на рабочем месте (On-the-Job Training), командное обучение (Team Training), персонализированное обучение, нацеленные на снижение показателя человеческого фактора в возникновении аварий.

Ключевые слова: Нефтегазовая промышленность, аварии и инциденты на опасных производственных объектах, промышленная безопасность

D. V. Panov^{1✉}, I. S. Uldin¹, A. Y. Kudryashov¹, I. I. Bochkareva²

The role of the human factor in accidents and incidents at oil and gas facilities: causes, consequences and preventive measures

¹Siberian State University of Water Transport, Novosibirsk, Russian Federation

²Siberian State University of Geosystems and Technologies,
Novosibirsk, Russian Federation
e-mail: d.v.panov@nsawt.ru

Abstract. This article examines the human factors leading to accidents and incidents at oil and gas facilities, and also presents proposals for the introduction of new technologies and methods in accordance with the accident analysis by the Federal Environmental, Technological and Nuclear Supervision Service for the period from the beginning of 2021 to the end of 2023. The rationale for the introduction of new technologies and methods of human factor analysis is given. The emergency situations for each year at the facilities of the oil and gas complex are analyzed, the causes that served as the source of occurrence are identified, the consequences of accidents are assessed and recommendations for preventive measures are given. The coefficient of determination R^2 was used to assess the accident rate. Modern methods of personnel training in the oil and gas industry are

described, such as simulation training, interactive training, On-the-Job Training, Team Training, and personalized training aimed at reducing the human factor in accidents.

Keywords: Oil and gas industry, accidents and incidents at hazardous production facilities, industrial safety

Введение

Нефтегазовый комплекс, являясь одной из ключевых отраслей мировой экономики, характеризуется высокой степенью опасности и сложностью технологических процессов. Инциденты и происшествия на объектах нефтегазовой отрасли приводят к тяжёлым последствиям, к таким как гибель людей, уничтожение и повреждение природных ресурсов, значительные экономические потери. В последнее время большое внимание уделяется человеческому фактору в возникновении подобных инцидентов.

Для обеспечения безопасности на объектах нефтегазового комплекса необходимо тщательное изучение человеческого фактора, так как он является неотъемлемой частью, влияющей на обеспечение безопасности. Человеческий фактор позволяет обнаружить слабые места в системе управления, подготовке персонала, проектировании оборудования и организации рабочих процессов, которые могут приводить к возникновению ошибок и нарушений, способствующим авариям.

Внедрение новых технологий и методов анализа человеческого фактора, таких как Human Factors Analysis and Classification System (HFACS) и другие современные подходы, позволяют более эффективно выявлять и устранять причины инцидентов, связанных с человеческими ошибками. Кроме того, развитие тренажерных комплексов, систем виртуальной реальности и других инновационных инструментов обучения позволяет повысить квалификацию персонала и подготовить его к действиям в нештатных ситуациях [1,2].

Методы и материалы исследования

В основу исследования легли статистические данные, охватывающие аварийность, инциденты и производственный травматизм. В качестве источника информации были проанализированы ежегодные отчеты о деятельности Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору, в которых содержатся сведения об аварийности, а также научные труды, посвященные проблемным аспектам отрасли.

Результаты обработки данных по аварийности на опасных производственных объектах нефтегазового комплекса представлены на диаграмме (рис. 1). В результате анализа диаграммы можно визуально увидеть масштабы и структуру рисков.

За период с 2020 г. по 2023 г. на объектах нефтегазодобычи было зафиксировано 145 аварий, в которых погибли 62 человека [3].

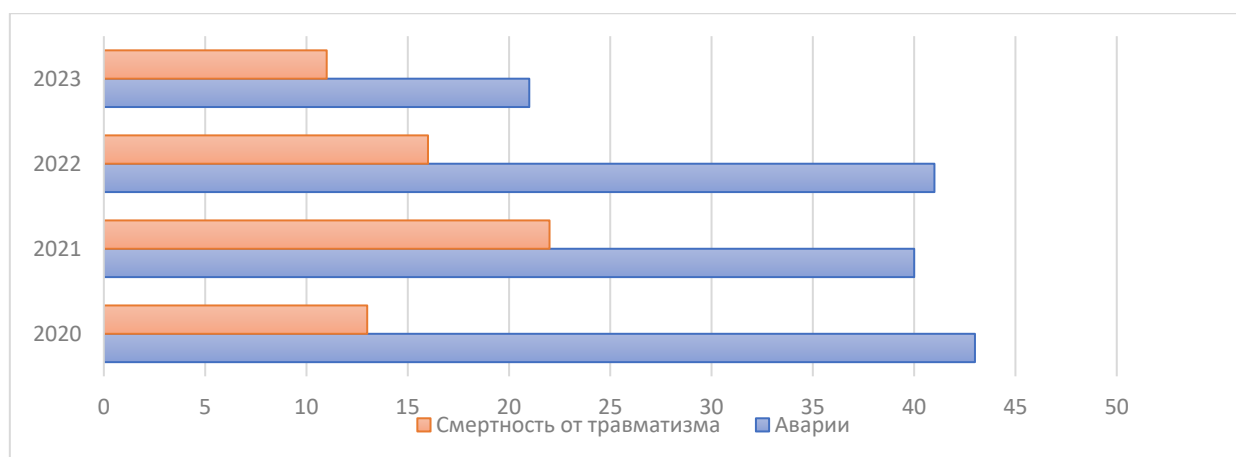


Рис. 1 – Аварийность на опасных производственных объектах нефтегазодобычи

Из рисунка 1 видно, что наибольшее количество аварий приходится на 2020 г. и 2022 г. В эти годы было зафиксировано свыше 40 аварий. Максимальный смертельный травматизм пришелся на 2021 г. – 22 случая. Наименьшее количество пришлось на 2023 г. – 21 случай, со смертельным травматизмом произошло в 2023 г. 11 случаев. За период с 2020 г. по 2023 г. показатели аварийности и смертельного травматизма изменялись волнообразно, с преобладанием положительной динамика уменьшения количества случаев. Сделать однозначный вывод об устойчивом линейном снижении невозможно. Период незначительного уменьшения аварийных ситуаций приходится на 2023 год[1-4].

Данные по основным факторам аварийности представлены в таблице 1.

Таблица 1

Данные по основным факторам аварийности нефтегазодобычи за 2020–2023 гг.

Год	Количество		Ущерб от аварий, млрд. руб.	Количество		Количество				Количество	
	аварий, ед.	смертность от травматизма, ед.		нефтегазовых организаций, ед.	Опасных производственных объектов, ед.	проверок РТН, шт	выявленных нарушений, шт.	наложенных штрафов, тыс. руб.	административных приостановок деятельности, ед.	проверок ПК, ед.	разработанных мероприятий службами ПК, ед.
2020	43	10	5,3	188	8019	79 583	60	н/д	н/д	17 514	28 658
2021	40	7	4,482	285	16358	42 554	182 018	1 163 502	22 213	28 475	42 358
2022	41	12	6,27	38	1830	36 366	97 044	749 808	16 380	20 698	39 612
2023	21	4	5,356	43	8402	2863	107468	505 701	13 676	24 378	40 257

Примечание: н/д – нет данных, в официальных источниках указанная информация отсутствует.

Результаты

При оценке удельных показателей необходимо учитывать ряд показателей по факторам, представленным в таблице 2. В ней отображены результаты расчета удельных показателей аварийности.

Для оценки аварийности из-за действия различных факторов применен коэффициент детерминации R^2 . При отсутствии связи $R^2 = 0$, а при наличии $R^2 = 1$. Чем ближе значение R^2 к 1, тем сильнее и ближе к функциональной зависимости связь между признаками.

Анализ удельного показателя показал, в среднем на одну аварию приходится 222 инцидента, и наблюдается заметная линейная связь между ними, что подтверждается коэффициентом детерминации $R^2 = 0,9$ ($0 \leq R^2 \leq 1$) [1].

Соответственно, через анализ причин инцидентов, устранение их последствий и предупреждение повторения можно управлять аварийностью. Необходимо отметить, что в официальных статистических данных информация о количестве инцидентов опубликована только за три периода (2021г., 2022г., 2023г.), таблица 3. Для получения более достоверного результата о связи инцидентов и аварийности выборка должна иметь больше данных [3,4].

Таблица 2

Удельный показатель аварийности по различным факторам за период 2020–2023 гг.

год	Удельный показатель аварийности по :										
	инцидентам, инцидент/авария	смертельному исходу, смертельный исход/авария	ущербам, миллиард руб./авария	организациям, авария/тыс. организации	ОПО, аварий/ тыс. ОПО	Проверкам РТН, аварий/тыс. проверок	выявленным РТН нарушениям, аварий/тыс. проверок	сумма штрафов РТН, аварий/миллиардов руб.	приостановкам деятельности, аварий/ед.остан.	проверкам ПК, аварий/тыс.проверок	мероприятиям ПК, аварий/тыс.меропр.
2020	0,843	0,3023	0,1233	0,2287	0,0536	0,0054	0,7167	н/д	н/д	0,0246	0,0150
2021	0,9063	0,5500	0,1121	0,1404	0,0245	0,0094	0,0002	0,0344	0,0180	0,0140	0,0094
2022	0,8841	0,3902	0,1529	1,0789	0,2240	0,0113	0,0004	0,0547	0,0250	0,0198	0,0104
2023	1,1	0,5238	0,2550	0,4884	0,0250	0,0733	0,0002	0,0415	0,0154	0,0086	0,0052
R2	0,9	0,44	0,16	0,48	0,08	0,02	0,18	0,04	0,02	0,02	0,01

Число аварий за каждый период имеет волнообразный вид, но с ниспадающим трендом. Показатели значений происшествий со смертельным исходом по-

казывают положительную динамику к тенденции снижения количества случаев на объектах нефтегазового комплекса.

Таблица 3

Количество инцидентов за 3 периода

Период	По аварийности среднее значение аварий/год	По смертельному травматизму среднее значение случаев/год
2020–2021 гг.	41,5	17,5
2021–2022 гг.	40,5	19
2022–2023 гг.	31	13,5

Обсуждение

Анализ ошибок и нарушений является критически важным этапом в обеспечении безопасности и эффективности любой деятельности, будь то производство, обслуживание или управление. Без глубокого понимания причин, лежащих в основе этих отклонений, невозможно разработать эффективные стратегии по их предотвращению и минимизации. В таблице 4 представлены основные причины [1-5].

Таблица 4

Распределение основных характерных нарушений по группам
«персонал – оборудование – технологии»

Основные нарушения по результатам	Нарушения, связанные с		
	персоналом, %	оборудованием, %	технологиями, %
– расследования аварий	68,36	23,45	8,19
– проверок Ростехнадзора	39,82	52,36	7,82
– работы производственного контроля	52,98	36,78	10,24

Нарушение коммуникации является еще одним серьезным источником ошибок. Нечеткие инструкции, отсутствие обратной связи, искажение информации – все это может привести к неправильному пониманию задачи и, как следствие, к ошибкам при ее выполнении. Эффективная коммуникация предполагает четкое и понятное изложение информации, активное слушание и обратную связь. Важно создать атмосферу, в которой сотрудники не боятся задавать вопросы и сообщать о проблемах.

Наконец, несоблюдение инструкций и правил является прямой причиной многих ошибок и нарушений. Причины этого могут быть различными: незнание инструкций, недостаточная мотивация к их соблюдению, сложные и запутанные инструкции, или просто невнимательность. Для решения этой проблемы необходимо регулярно проводить инструктажи и тренинги, упрощать и оптимизировать

инструкции, а также внедрять системы контроля за их соблюдением. Важно также понимать, что инструкции должны быть не просто набором правил, а обоснованным и понятным руководством к действию.

Заключение

Для снижения показателя человеческого фактора в возникновении аварий и инцидентов на объектах нефтегазового комплекса необходимо применять современные методы подготовки персонала в нефтегазовой отрасли. Для этих целей активно используются технологические достижения и психолого-педагогические разработки, направленные на повышение эффективности обучения и снижение влияния человеческого фактора, такие как имитационное обучение, интерактивное обучение, обучение на рабочем месте (On-the-Job Training), командное обучение (Team Training), персонализированное обучение [2].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Фатхутдинов Р.И. Системный подход к оценке функционирования производственного контроля на ОПО нефтегазовой отрасли / Р.И. Фатхутдинов // Безопасность труда в промышленности. – 2021. – № 4. – С. 70-75.
2. Князьков, Н.А. Анализ причин аварий и несчастных случаев в нефтегазовом комплексе России / Н.А. Князьков, В.Е. Карноухов, Л.Н. Тасимова, Р.З. Хайруллин // Научный альманах. – 2017. – № 11-2 (37). – С. 57-60.
3. Интернет ресурс: <https://www.gosnadzor.ru/industrial/oil/>
4. Федеральный закон от 21.07.1997 N 116-ФЗ (ред. от 08.08.2024) "О промышленной безопасности опасных производственных объектов"[Электронный ресурс] // URL: <https://base.garant.ru/11900785/> (дата обращения: 20.05.2025)
5. Постановление Правительства РФ от 18.12.2020 № 2168 «Об организации и осуществлении производственного контроля за соблюдением требований промышленной безопасности» (вместе с «Правилами организации и осуществления производственного контроля за соблюдением требований промышленной безопасности») [Электронный ресурс] // URL: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202012240043> (дата обращения: 20.05.2025)

© Д. В. Панов, И. С. Ульдин, А. Ю. Кудряшов, И. И. Бочкарева 2025