УДК 621.51-78

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОТИВОАВАРИЙНОЙ ЗАЩИТЫ СИСТЕМЫ МАСЛОСНАБЖЕНИЯ КОМПРЕССОРНЫХ СТАНЦИЙ ГАЗОПЕРЕРАБАТЫВАЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЙ

EVALUATION OF THE EFFECTIVENESS OF EMERGENCY PROTECTION OF THE OIL SUPPLY SYSTEM OF COMPRESSOR STATIONS AT GAS PROCESSING ENTERPRISES

Вдовина Кристина Вячеславовна
студент,
Казанский национальный исследовательский технологический университет

Гилязетдинов Риназ Ислямович
студент,
Казанский национальный исследовательский технологический университет

Гайфуллин Дамир Сагитович
студент,
Казанский национальный исследовательский технологический университет

Гарифуллина Эльвира Валерьевна
доцент кафедры
Казанский национальный исследовательский технологический университет

Бронская Вероника Владимировна
доцент кафедры
Казанский национальный исследовательский технологический университет

Аннотация. Статья посвящена анализу факторов, определяющих надежность поршневых газокомпрессорных станций (ГКС), эксплуатируемых в технологических цепочках газопереработки. Рассмотрены ключевые аварийные риски: гидравлический удар, отказы системы смазки и недостаточная эффективность противоаварийной защиты. На основе моделирования в отечественном программном комплексе РТСИМ.Карьера проведена оценка роли системы смазки в обеспечении ресурса механизмов, а также работоспособности системы противоаварийной защиты с акцентом на настройку датчиков и уставок. Показаны возможности применения цифрового моделирования для повышения надежности поршневых компрессорных установок в условиях чувствительности оборудования к качеству газа и наличию жидкой фазы.

Ключевые слова: газокомпрессорная станция поршневого типа, система противоаварийной защиты (ПАЗ), маслоснабжение, цифровое моделирование.

Vdovina Kristina Vyacheslavovna
Student,
Kazan National Research Technological University

Gilyazetdinov Rinaz Islyamovich
Student,
Kazan National Research Technological University

Gaifullin Damir Sagitovich
Student,
Kazan National Research Technological University

Garifullina Elvira Valeryevna
Associate Professor of the Department,
Kazan National Research Technological University

Bronskaya Veronika Vladimirovna
Associate Professor of the Department,
Kazan National Research Technological University

Annotation. The article is devoted to the analysis of factors determining the reliability of piston gas compressor stations (GCS) operated in technological chains of gas processing. The key emergency risks are considered: hydraulic shock, lubrication system failures, and insufficient effectiveness of emergency protection. Based on modeling in the domestic software package RTSIM, the causes of hydraulic shock, methods of its prevention, the role of the lubrication system in ensuring the resource of tribosociations, and the performance of the emergency protection system are assessed, with a focus on the setting of sensors and setpoints. The article demonstrates the possibilities of using digital modeling to improve the reliability of piston compressor units in conditions where the equipment is sensitive to gas quality and the presence of a liquid phase.

Keywords: piston-type gas compressor station, emergency protection system (EPS), oil supply, digital modeling.

Введение

В технологической цепи газопереработки поршневые газокомпрессорные станции (ГКС) выполняют функции дожима, транспортировки и подачи газа на установки фракционирования, а также обеспечивают циркуляцию хладагентов и утилизацию отпарного газа. Эксплуатация поршневых компрессоров в этих условиях сопряжена с высокой чувствительностью к качеству перекачиваемого

газа: попадание жидкой фазы (конденсата, воды, метанола) приводит к гидравлическим ударам, а механические примеси и отклонения компонентного состава ускоряют износ клапанов и цилиндро-поршневой группы. Надежность работы ГКС определяется способностью оборудования противостоять таким аварийным факторам, как гидроудар, отказы систем смазки (включая превышение допустимого перепада давления на фильтрах и снижение давления подачи масла на подшипники компрессора), а также недостаточная эффективность противоаварийной защиты [1].

1. Поставленные задачи

В настоящей работе на основе моделирования в цифровой платформе РТСИМ.Карьера проведен анализ ряда указанных факторов. На примере компрессора хвостового газа К-101А/В, обеспечивающего компримирование газа от давления на выходе установки короткоцикловой адсорбции, были рассмотрены следующие сценарии:

– изменение давления масла вследствие частичного закрытия задвижки;
– влияние перепада давления на динамику температуры подшипников;
– изменение перепада на фильтрах масла, вибрации и температуры масла.

Целью моделирования являлась проверка реакции системы противоаварийной защиты (ПАЗ) поршневого компрессора на отказ маслоснабжения (отключение маслонасоса) [2].

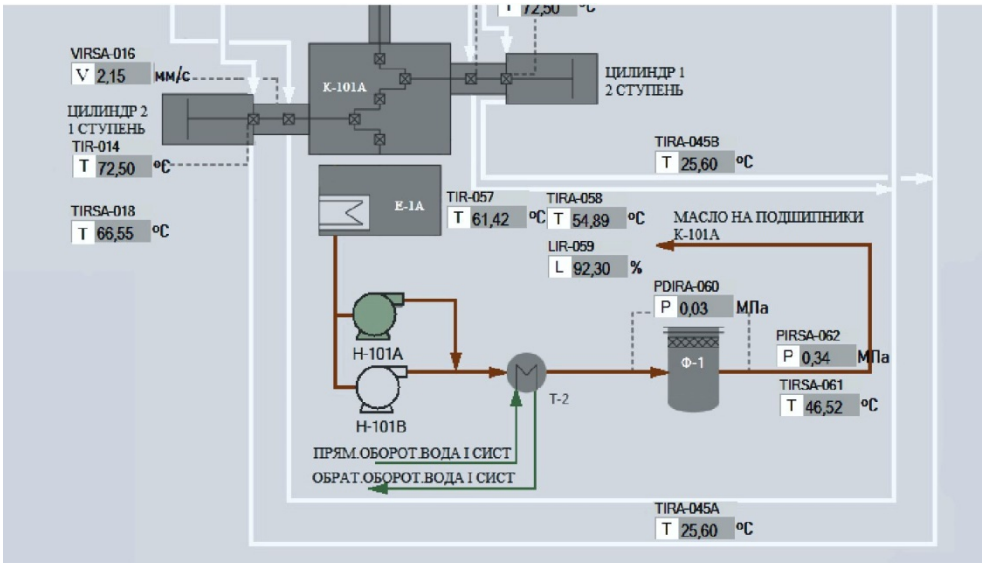

Рисунок 1 – Принципиальная схема маслоснабжения в К-101А

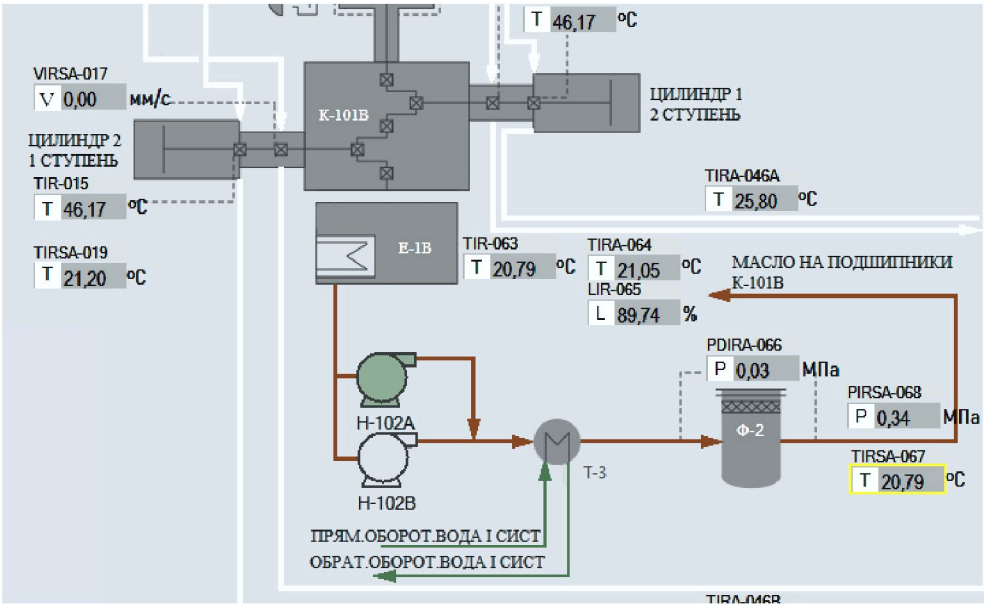

Рисунок 2 – Принципиальная схема маслоснабжения в К-101В

2. Методы и материалы

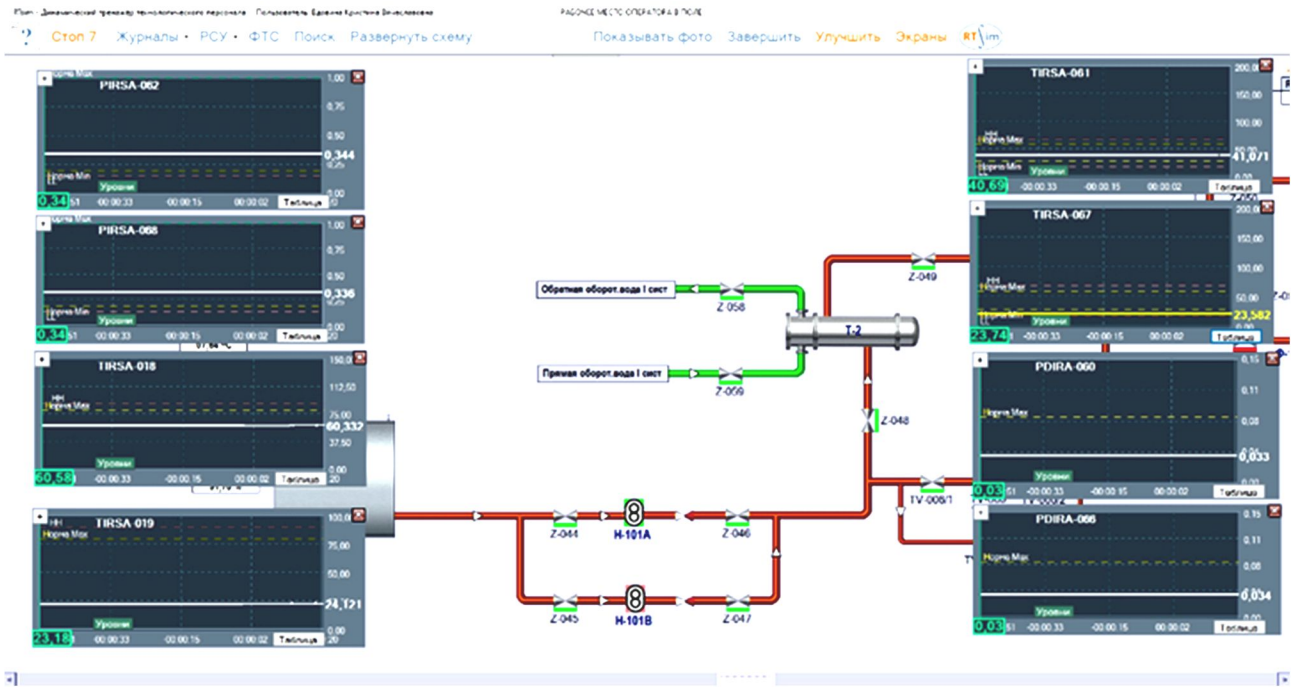

Рисунок 3 – Система датчиков при исправной системе

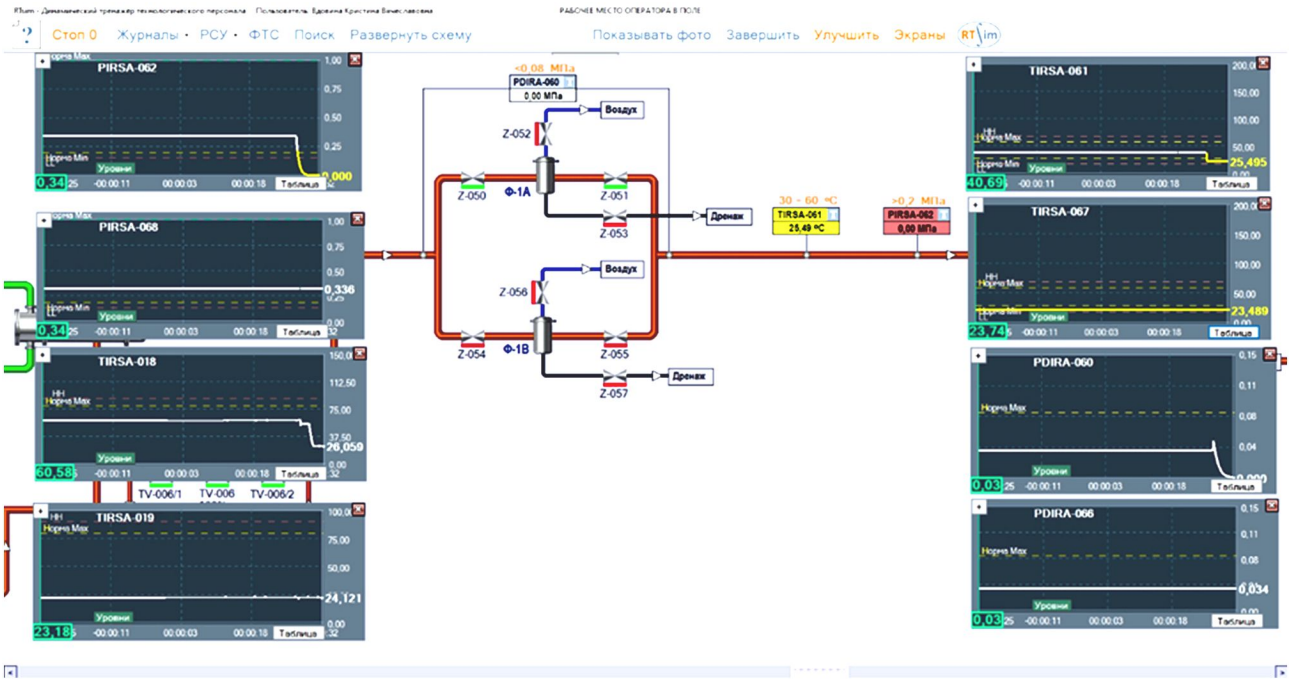

Рисунок 4 – Система датчиков при аварийной ситуации

Таблица 1 – Сводная таблица результатов эксперимента

Группа	Датчик	Параметр	Ед. изм.	Значение до откл. насоса	Значение после откл. насоса	Норма	Порог блок-ки
1	2	3	4	5	6	7	8
Давление масла	PIRSA-062	Давление масла на подшипники (компр. А)	МПа	0,344	0	> 0,2	< 0,15
	PIRSA-068	Давление масла на подшипники (компр. В)	МПа	0,336	0,336	> 0,2	< 0,15

Окончание таблицы 1

1	2	3	4	5	6	7	8
Температура подшипников	TIRSA-018	Температура коренного подшипника (компр. А)	°С	60,33	26,06	< 80	> 90
	TIRSA-019	Температура коренного подшипника (компр. В)	°С	24,12	24,12	< 80	> 90
Температура масла	TIRSA-061	Температура масла на подшипники (компр. А)	°С	41,07	25,5	30–60	< 20 / > 70
	TIRSA-067	Температура масла на подшипники (компр. В)	°С	23,58	23,49	30–60	< 20 / > 70
Перепад на фильтре	PDIRA-060	Перепад давления на фильтре Ф-1 (компр. А)	МПа	0,033	0	< 0,08	–
	PDIRA-066	Перепад давления на фильтре Ф-2 (компр. В)	МПа	0,034	0,034	< 0,08	–

3. Полученные результаты

3.1. Динамика падения давления масла как первичный признак аварии

В ходе эксперимента по отключению маслонасоса компрессора К-101А давление масла на подшипники (PIRSA-062) снизилось с 0,344 МПа до нуля. Рабочее давление более чем в вдвое превышает порог блокировки 0,15 МПа, что свидетельствует о значительном запасе надежности. Это позволяет предотвратить аварию на агрегате без остановки цеха.

3.2. Анализ температуры подшипников и эффективности системы защиты

Согласно данным датчика температуры подшипника TIRSA-018, после остановки компрессора зафиксировано снижение температуры с 60,33 °С до 26,06 °С. В случае отсутствия подачи масла рост температуры был бы неизбежен, однако срабатывание защиты по давлению масла предотвратило перегрев, своевременно отключив агрегат. Исходное значение 60,33 °С характеризуется существенным запасом относительно пороговых значений: 80 °С – для сигнализации и 90 °С – для аварийной блокировки.

3.3. Практическая значимость результатов для промышленной эксплуатации

Полученные данные имеют несомненную практическую значимость для обслуживания поршневых газокомпрессорных станций. Оперативное отключение агрегата по параметру давления масла позволяет исключить повреждение подшипникового узла и коленвала, что предотвращает длительные простои и связанные с ними финансовые потери. Доказанная автономность маслосистемы дает возможность задействовать резервное оборудование без угрозы эскалации аварии. Установленный резерв по давлению (0,344 МПа при уставке срабатывания 0,15 МПа) формирует временной интервал, достаточный для принятия оперативных решений и контролируемой остановки установки.

Выводы

Результаты моделирования, выполненного в программном комплексе РТСИМ.Карьера, подтвердили, что система противоаварийной защиты компрессора К-101А, ориентированная на контроль давления масла, инициирует отключение раньше, чем успевает возрасти температура подшипников. Это позволяет предотвратить развитие аварийного сценария [5]. Подтверждена функциональная независимость маслосистем агрегатов А и В, благодаря чему локализация неисправности возможна без остановки всего цеха. Имеющийся запас по давлению создает временной интервал, достаточный для оперативного реагирования. Полученные данные могут применяться при корректировке уставок защиты, подготовке персонала, а также при совершенствовании графиков планово-предупредительного обслуживания.

Список литературы:

1. Маслов В.Н., Ерёмин А.Н. Влияние жидкой фазы на ресурс поршневых компрессоров // Химическое и нефтегазовое машиностроение. – 2019. – № 11. – С. 28–31.
2. Экосистема РТСИМ (официальный сайт) [Электронный ресурс]. – URL : https://rtsimskills.ru/ (дата обращения 25.03.2026)
3. Эксплуатация насосных и компрессорных станций : учебное пособие / составители А.Л. Саруев, Л.А. Саруев ; под редакцией В.Г. Лукьянова. – 2-е изд. – М. : Ай Пи Ар Медиа, 2024. – 357 с.

4. Кочегаров А.В., Бохан А.Р. Насосные и компрессорные станции : методические указания к выполнению практических занятий и самостоятельной работы для направления подготовки 21.03.01 «Нефтегазовое дело» всех форм обучения. – Воронеж : ВГТУ, 2023. – 36 с.

5. Цифровые тренажеры технологических процессов РТСИМ. Карьера для обеспечения безопасности в нефтехимическом комплексе / Р.Р. Гибдрахманов, Э.В. Гарифуллина, В.В. Бронская [и др.] // Наука, технологии, общество: Экологический инжиниринг в интересах устойчивого развития территорий. Сборник научных статей. – Красноярск, 2023. – С. 131–135.

6. Геймификация как обязательный компонент современного инженерного образования / А.К. Маркелов, Э.В. Гарифуллина, В.В. Бронская [и др.] // Казанская наука. – 2025. – № 4. – С. 216–219.

List of references:

1. Maslov V.N., Eremin A.N. Effect of the Liquid Phase on the Service Life of Piston Compressors // Chemical and Oil and Gas Engineering. – 2019. – № 11. – P. 28–31.

2. RTSIM Ecosystem (official website) [Electronic resource]. – URL : https://rtsimskills.ru/ (date of access 03/25/2026)

3. Operation of Pumping and Compressor Stations: a tutorial / compiled by A.L. Saruev, L.A. Saruev; edited by V.G. Lukyanov. – 2nd ed. – M. : IPR Media, 2024. – 357 p.

4. Kochegarov A.V., Bokhan A.R. Pumping and compressor stations: guidelines for completing practical classes and independent work for training program 21.03.01 «Oil and Gas Business» of all modes of study. – Voronezh : VSTU, 2023. – 36 p.

5. Digital simulators of technological processes RTSIM. Career for ensuring safety in the petrochemical complex / R.R. Gibrakhmanov, E.V. Garifullina, V.V. Bronskaya [et al.] // Science, technology, society: Environmental engineering for sustainable development of territories. Collection of scientific articles. – Krasnoyarsk, 2023. – P. 131–135.

6. Gamification as a mandatory component of modern engineering education / A.K. Markelov, E.V. Garifullina, V.V. Bronskaya [et al.] // Kazan science. – 2025. – № 4. – P. 216–219.