

ПОДДЕРЖКА ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПО УПРАВЛЕНИЮ ПРЕДАВАРИЙНЫМИ СИТУАЦИЯМИ НА ПРИМЕРЕ УСТАНОВКИ КАТАЛИТИЧЕСКОГО РИФОРМИНГА

Д. В. Немчинов, А. Н. Селиверстова, О. В. Антонов

*Астраханский государственный технический университет,
Астрахань, Российская Федерация*

Снижение риска аварийных ситуаций на промышленных объектах – одна из приоритетных задач управления промышленной безопасностью. В настоящее время системы обеспечения безаварийности производства опираются на контроль параметров состояния процесса в допустимом диапазоне и ограничиваются системами противоаварийной защиты, сигнализацией и блокировками. Однако для сложных промышленных объектов необходимо распознавание предаварийных ситуаций, позволяющее прогнозировать возникновение аварийного режима, а затем предотвращать остановку процесса или снизить потери от возникновения аварии. Для решения данной проблемы предложена система управления предаварийными ситуациями, рассмотренная на примере установки каталитического риформинга. В ее основу положен метод определения параметрического показателя состояния объекта, разработан алгоритм работы предложенной системы, составлены базы данных возможных причин предаварийного и аварийного состояния и перечень мер по их устранению. Данное решение позволяет определять близость режима работы технологического оборудования к аварийному, что значительно снижает риски возникновения аварии на объекте, в результате чего сокращается время простоя оборудования и уменьшаются экономические потери.

Ключевые слова: опасный производственно-технологический объект, риск возникновения аварийной ситуации, предаварийные ситуации, показатель состояния объекта, алгоритм управления предаварийными ситуациями, каталитический риформинг.

Для цитирования: Немчинов Д. В., Селиверстова А. Н., Антонов О. В. Поддержка принятия решений по управлению предаварийными ситуациями на примере установки каталитического риформинга // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Управление, вычислительная техника и информатика. 2020. № 2. С. 19–25. DOI: 10.24143/2072-9502-2020-2-19-25.

Введение

Установка каталитического риформинга является опасным производственно-технологическим объектом, что подразумевает необходимость обеспечения безопасности обслуживающего его персонала и окружающей среды помимо эффективного функционирования в целом. Первые установки каталитического риформинга были введены в эксплуатацию еще в 55–60 гг. XX в., что пополнило фонд опасных производственных объектов СССР [1]. Время идет, а реконструкция производства на большинстве предприятий проходит низкими темпами, что обусловлено высокой стоимостью переоборудования и необходимостью полного выведения установки из эксплуатации на длительный срок, приводящими к значительным материальным затратам и потерям. К тому же на рассматриваемых объектах повышается риск возникновения аварийных ситуаций, связанный с тем, что в эксплуатации находятся порядка 40–50 % технических средств с отработанным ресурсом безопасной эксплуатации. Другими немаловажными причинами возникновения аварий являются ошибочные и несанкционированные действия персонала, на что приходится порядка 60–70 % всех аварийных случаев на объектах нефтехимической и нефтеперерабатывающей промышленности [2].

Риск возникновения аварийных ситуаций неизбежен, и полностью предупредить вероятность его появления практически невозможно. Следовательно, специалистам производства требуется точная оценка возможных последствий нарушения работоспособного состояния элементов рассматриваемого производственно-технологического объекта и принятие необходимых технических решений о ремонте, реконструкции или обновлении технологического оборудования. Развитие аварийных ситуаций на промышленных объектах обусловлено множеством факторов (координаты объекта, показатели состояния объекта, производственные условия, человеческий фактор и пр.), поэтому для лица, принимающего решения, крайне важно иметь полную информационную картину о состоянии объекта, чтобы правильно оценить риск аварии и затраты на уменьшение риска или его предупреждение.

Основная задача промышленной безопасности состоит в снижении аварийности на производственном объекте путем принятия управленческих решений, основанных на знаниях о рисках аварийной ситуации, количественной и качественной информации о производственно-технологическом объекте и действиях обслуживающего персонала.

Описанные выше проблемы и влияние факторов различной природы, дающие представление о состоянии производственного объекта, позволит решить система управления предаварийными ситуациями (СУПАС), рассмотренная далее на примере установки каталитического риформинга. Этой системой будут формироваться решения, представленные как набор мероприятий по устранению причин развития предаварийных ситуаций на рассматриваемом объекте.

Метод, положенный в основу СУПАС

Для снижения уровня риска развития аварийной ситуации на установке каталитического риформинга, определяемого режимом ведения технологического процесса, предлагается СУПАС, в основу которой положен метод определения состояния объекта путем расчета параметрического показателя состояния.

Параметрический показатель S_1 формируется на основе значений параметров технологического процесса, которые измеряются традиционным способом. Этот показатель определяется для нормального, предаварийного и аварийного состояний объекта. Параметры, формирующие данный показатель, имеют разные единицы, из-за чего невозможно вывести единое выражение значения параметрического показателя. Для устранения неоднородности единиц измерения исходных данных выполняется предварительное нормирование этих значений:

$$q_i = \frac{p_i - p_i^h}{p_i^{hh} - p_i^h} \text{ или } q_i = \frac{p_i^l - p_i}{p_i^l - p_i^{ll}},$$

где q_i – нормированное значение параметра; i – порядковый номер параметра, $i = \{1, \dots, n\}$; p_i – текущее значение параметра; p_i^l, p_i^h – предупредительные значения параметра; p_i^{ll}, p_i^{hh} – предельно допустимые значения параметра; n – количество параметров, определяющих режим технологического процесса.

Далее для n нормированных параметров определяется значение параметрического показателя S_1 [3]:

$$S_1 = q_1 + \sum_{i=2}^n \left[q_i \prod_{j=1}^{i-1} (1 - q_j) \right].$$

На показатель состояния объекта S_1 накладываются требования являться безразмерной величиной, изменяющейся в диапазоне от 0 до 1, для чего выполняется нормирование исходных данных, и учитывать влияние всех параметров, определяющих рассматриваемый технологический процесс.

В зависимости от того, какое значение принимает показатель S_1 , выделены следующие состояния производственного объекта:

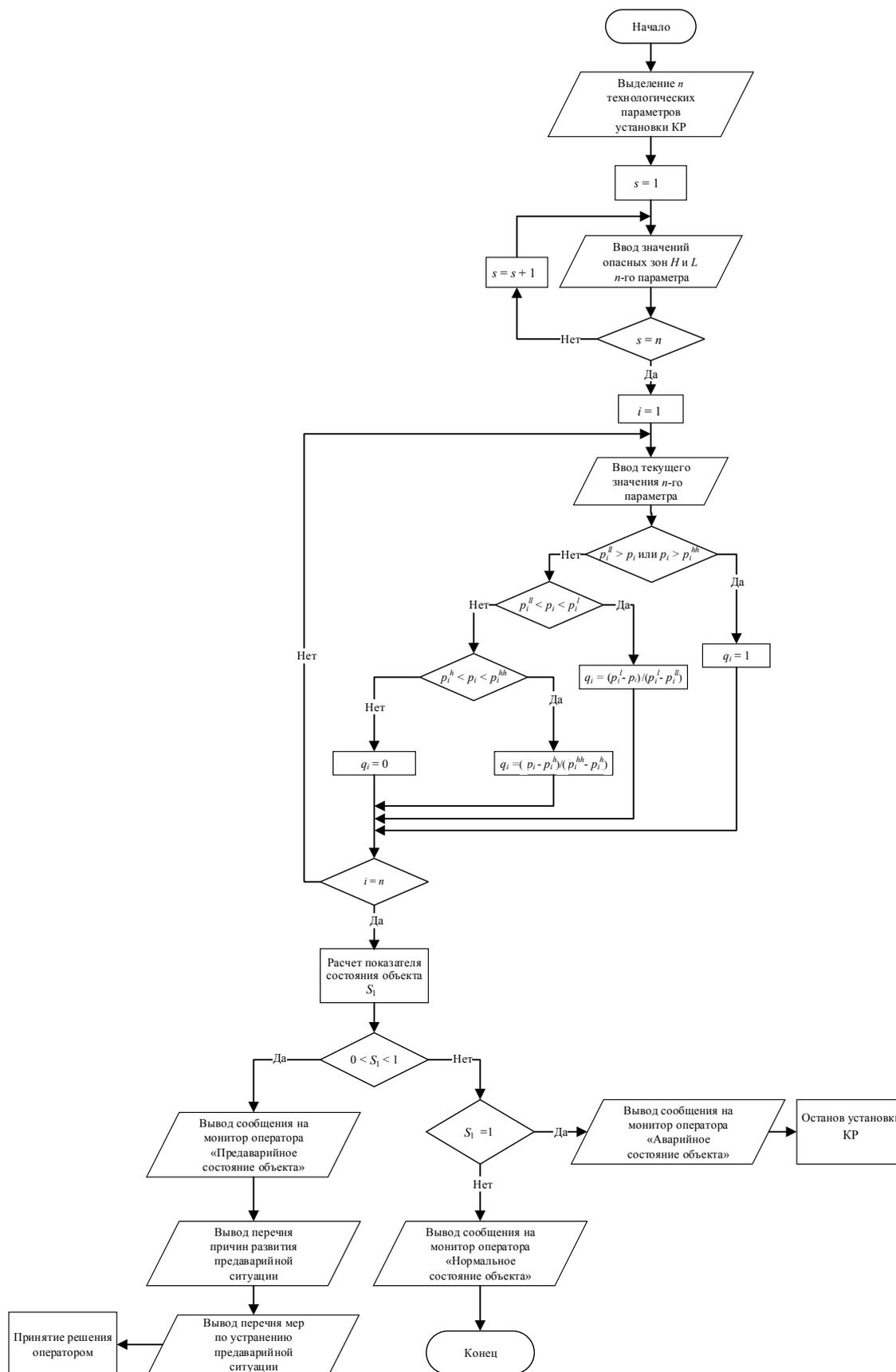
- нормальное состояние объекта, $S_1 = 0$, когда все технологические параметры находятся в пределах рабочих значений;
- предаварийное состояние объекта, $0 < S_1 < 1$, когда один или несколько технологических параметров находятся в диапазоне от предупредительных до предельно допустимых значений;
- аварийное состояние объекта, $S_1 = 1$, когда один или несколько технологических параметров вышли за рамки предельно допустимых значений [4].

Система управления предаварийными ситуациями

Для установки каталитического риформинга проведен анализ основных параметров, определяющих технологический процесс, и разработан алгоритм работы СУПАС на основе расчета параметрического показателя и определения состояния объекта [5].

В случае отсутствия оперативных мер со стороны персонала или развития необратимых процессов, приводящих к аварии, оператор информируется о развитии аварийной ситуации в блоке стабилизации гидрогенизата и осуществляется останов установки каталитического риформинга.

Алгоритм работы предлагаемой СУПАС ситуациями представлен на рис.



Алгоритм работы СУФАС: КР – каталитический реформинг

Согласно алгоритму по рассчитанному значению параметрического показателя объекта СУПАС делается вывод о состоянии установки каталитического риформинга, и эта информация передается лицу, принимающему решения.

Также в СУПАС разработаны база данных о возможных причинах предаварийного и аварийного состояния и перечень мер по их устранению. Например, технологический параметр блока стабилизации гидрогенизата установки каталитического риформинга «Температура низа отпарной колонны» имеет следующие технологические значения:

- нижнее предельно допустимое – 198 °С;
- нижнее предупредительное – 220 °С;
- верхнее предупредительное – 280 °С;
- верхнее предельно допустимое – 310 °С.

Рассмотрим ситуацию, когда температура низа отпарной колонны примет значение 205 °С при нормальных рабочих значениях остальных параметров, определяющих течение технологического процесса. В этом случае рассчитанный СУПАС параметрический показатель S_1 примет значение в диапазоне от 0 до 1, свидетельствующее о развитии предаварийной ситуации, и укажет, насколько близко наступление аварии на технологическом объекте. Система уведомит оператора о развитии предаварийной ситуации на установке каталитического риформинга и выведет перечень возможных причин ее возникновения. Фрагмент базы возможных причин развития предаварийной ситуации представлен в табл. 1.

Таблица 1

Фрагмент базы данных о возможных причинах развития предаварийной ситуации

Контролируемый параметр	Отклонение параметра от нормального режима	Возможные причины предаварийной ситуации
Температура низа отпарной колонны	Высокая	1. Отказ датчика температуры. 2. Высокий уровень куба отпарной колонны. 3. Высокая температура стабильного гидрогенизата на выходе печи отпарной колонны.
	Низкая	1. Отказ датчика температуры. 2. Низкий уровень куба отпарной колонны. 3. Низкая температура стабильного гидрогенизата на выходе печи отпарной колонны. 4. Утечка продукта на линии подачи стабильного гидрогенизата из печи отпарной колонны.
Температура дымовых газов на «перевале» печи отпарной колонны	Высокая	1. Отказ датчика температуры. 2. Попадание газового конденсата в топку печи. 3. Прогар труб змеевиков печи. 4. Возрастание загрузки по продукту. 5. Изменение соотношения газ-воздух.
	Низкая	1. Отказ датчика температуры. 2. Изменение соотношения газ-воздух.

Предположим, что причиной понижения температуры низа отпарной колонны в блоке стабилизации гидрогенизата была утечка продукта на линии подачи стабильного гидрогенизата из печи отпарной колонны.

В этом случае оператору предлагается перечень действий, направленных на устранение развития предаварийной ситуации на установке каталитического риформинга (табл. 2).

Эта информация передается оперативному персоналу на установке, который в кратчайшие сроки может устранить течь на линии подачи стабильного гидрогенизата из печи в отпарную колонну.

Фрагмент базы мероприятий по устранению предаварийной ситуации

Причина, инициирующая предаварийную ситуацию	Действия персонала по устранению предаварийной ситуации
Отказ датчика температуры низа отпарной колонны	Перевести на резервный датчик температуры. Заменить вышедший из строя датчик температуры с последующим вводом в эксплуатацию.
Утечка продукта на линии подачи стабильного гидрогенизата из печи отпарной колонны в отпарную колонну	Перекрыть вентиль подачи стабильного гидрогенизата к трубопроводу. Определить место утечки стабильного гидрогенизата. Принять меры для устранения утечки стабильного гидрогенизата из трубопровода. Провести продувку неисправного трубопровода. Отремонтировать или заменить неисправный трубопровод.
Прогар труб одного или нескольких змеевиков печи отпарной колонны	Принять решение о необходимости аварийного останова установки, исходя из характера и масштабов разгерметизации змеевика. Прекратить поступление продукта в змеевик печи, в которой произошел прогар, аварийно сбросить давление в системе. Подать пар в камеру сгорания соответствующей печи. Пар подавать до полного прекращения горения и до прекращения свечения кладки. Обеспечить продувку змеевика печи инертным газом (азотом) или паром от остатков нефтепродукта для последующего ремонта.

Посредством применения СУПАС на технологическом объекте развитие предаварийной ситуации своевременно может быть выявлено лицом, принимающим решения, а действия персонала могут быть локализованы на аварийном участке и направлены на устранение причин возникновения предаварийной ситуации. Таким образом обеспечивается безаварийная работа установки каталитического риформинга.

Заключение

Разработана система управления предаварийными ситуациями на примере установки каталитического риформинга, включающая базы данных возможных причин предаварийного и аварийного состояния и перечень мер по их устранению. Результатом принятия управленческих решений системой управления предаварийными ситуациями является совокупность мероприятий по снижению аварийности на опасном производственно-технологическом объекте.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Агабеков В. К., Косяков В. К. Нефть и газ. Технологии и продукты переработки. Ростов н/Д.: Феникс, 2014. 458 с.
2. Годовой отчет о деятельности Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору в 2018 году. М.: ЗАО «Научно-технический центр исследований проблем промышленной безопасности», 2019. 410 с.
3. Проталинский О. М., Немчинов Д. В. Система поддержки принятия управленческих решений по снижению рисков аварийных ситуаций на промышленных объектах // Автоматизация в промышленности. М.: ИнфоАвтоматизация, 2010. № 3. С. 13–16.
4. Селиверстова А. Н., Немчинов Д. В., Райкова Е. Ф. Определение комплексного показателя технического состояния объекта на примере блока стабилизации установки каталитического риформинга // Вестн. Астрахан. гос. техн. ун-та. Сер.: Управление, вычислительная техника и информатика. 2019. № 2. С. 40–47.
5. Селиверстова А. Н., Немчинов Д. В. Система управления предаварийными ситуациями в блоке стабилизации гидрогенизата установки каталитического риформинга // World Science: Problems and Innovations: сб. ст. XXXI Междунар. науч.-практ. конф.: в 4 ч. Пенза: МЦНС «Наука и Просвещение», 2019. Ч. 2. С. 39–43.

Статья поступила в редакцию 11.03.2020

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Немчинов Денис Валерьевич – Россия, 414056, Астрахань; Астраханский государственный технический университет; канд. техн. наук, доцент; доцент кафедры автоматики и управления; dnem@yandex.ru.

Селиверстова Алена Николаевна – Россия, 414056, Астрахань; Астраханский государственный технический университет; аспирант кафедры автоматизации и управления; alenaseliverstova1996@gmail.com.

Антонов Олег Викторович – Россия, 414056, Астрахань; Астраханский государственный технический университет; канд. техн. наук; доцент кафедры автоматизации и управления; o_antonov@mail.ru.



DECISION SUPPORT FOR MANAGING PRE-EMERGENCY SITUATIONS IN CASE OF CATALYTIC REFORMING UNIT

D. V. Nemchinov, A. N. Seliverstova, O. V. Antonov

*Astrakhan State Technical University,
Astrakhan, Russian Federation*

Abstract. The article touches upon the problem of reducing the risk of accidents at industrial facilities, which is the priority task of industrial safety management. Currently, accident-free production systems rely on monitoring the process state parameters within the acceptable range and are limited to emergency protection systems, alarms, and locks. However, for complex industrial facilities, it is necessary to recognize pre-emergency situations, which allows predicting the occurrence of an emergency mode and preventing the process from stopping or reducing losses in case of an accident. To solve this problem, a system for managing pre-emergency situations is proposed, which is considered on the example of a catalytic reforming installation. It is based on a method for determining the parametric indicator of the object's state, an algorithm for the proposed system, databases of possible causes of pre-emergency and emergency conditions and a list of measures to eliminate them. This solution allows to set the proximity of the operating mode of the process equipment to the emergency mode, which greatly lowers the risk of accident at the facility, thereby reducing the downtime of the equipment and economic losses.

Key words: hazardous industrial and technological facility, emergency risk, pre-emergency situations, indicator of the condition of the facility, pre-emergency management algorithm, catalytic reforming.

For citation: Nemchinov D. V., Seliverstova A. N., Antonov O. V. Decision support for managing pre-emergency situations in case of catalytic reforming unit. *Vestnik of Astrakhan State Technical University. Series: Management, Computer Science and Informatics*. 2020;2:19-25. (In Russ.) DOI: 10.24143/2072-9502-2020-2-19-25.

REFERENCES

1. Agabekov V. K., Kosiakov V. K. *Neft' i gaz. Tekhnologii i produkty pererabotki* [Oil and gas. Technologies and products of processing]. Rostov-na-Donu, Feniks Publ., 2014. 458 p.
2. *Godovoi otchet o deiatel'nosti Federal'noi sluzhby po ekologicheskomu, tekhnologicheskomu i atomnomu nadzoru v 2018 godu* [Annual report on activities of the Federal Service for ecological, technological and nuclear supervision in 2018]. Moscow, ZAO «Nauchno-tekhnicheskii tsentr issledovaniy problem promyshlennoi bezopasnosti», 2019. 410 p.
3. Protalinskii O. M., Nemchinov D. V. Sistema podderzhki priniatiia upravlencheskikh reshenii po snizheniiu riskov avariinykh situatsii na promyshlennykh ob"ektakh [Support system for making managerial decisions to reduce emergency risks at industrial facilities]. *Avtomatizatsiia v promyshlennosti*. Moscow, InfoAvtomatizatsiia Publ., 2010. No. 3. Pp. 13-16.
4. Seliverstova A. N., Nemchinov D. V., Raikova E. F. Opredelenie kompleksnogo pokazatelya tekhnicheskogo sostoiianiia ob"ekta na primere bloka stabilizatsii ustanovki kataliticheskogo riforminga [Defining complex indicator of technical condition of object on the example of stabilizing block of catalytic reforming unit]. *Vestnik Astrakhanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Seriya: Upravlenie, vychislitel'naiia tekhnika i informatika*, 2019, no. 2, pp. 40-47.

5. Seliverstova A. N., Nemchinov D. V. Sistema upravleniia predavariinymi situatsiiami v bloke stabilizatsii gidrogenizata ustanovki kataliticheskogo riforminga [Pre-emergency management system in hydrogenate stabilizing block of catalytic reforming unit]. *World Science: Problems and Innovations: sbornik statei XXXI Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii: v 4 ch.* Penza, MTsNS «Nauka i Prosveshchenie», 2019. Part 2. Pp. 39-43.

The article submitted to the editors 11.03.2020

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Nemchinov Denis Valerievich – Russia, 414056, Astrakhan; Astrakhan State Technical University; Candidate of Technical Sciences, Assistant Professor; Assistant Professor of the Department of Automation and Control; dnem@yandex.ru.

Seliverstova Alena Nikolaevna – Russia, 414056, Astrakhan; Astrakhan State Technical University; Postgraduate Student of the Department of Automation and Control; alenaseliverstova1996@gmail.com.

Antonov Oleg Viktorovich – Russia, 414056, Astrakhan; Astrakhan State Technical University; Candidate of Technical Sciences; Assistant Professor of the Department of Automation and Control; o_antonov@mail.ru.

