

М. А. Бояркин, В. А. Шапцев

Предварительное исследование данных архивов автоматического мониторинга объектов нефтегазового комплекса

Приводятся результаты предварительного исследования SCADA-архива с целью отображения поведения объектов нефтегазового промысла, в частности, для анализа эффективности взаимодействия оператора и пульта управления (консоли SCADA-системы) и поиска закономерностей в потоке событий, связанных с отклонениями от нормальных режимов работы оборудования.

Введение

В настоящее время разработан целый ряд методов распознавания аварийных ситуаций на нефтегазовых промыслах и способов сокращения потерь углеводородного сырья в процессе аварий. Аварийные ситуации многообразны и зависят от типа производства, поэтому ни один из методов не является универсальным [1]. Федеральный закон «О промышленной безопасности опасных производственных объектов», принятый Госдумой 20 мая 1997 г., определяет правовые, экономические и социальные основы обеспечения безопасной эксплуатации опасных производственных объектов и направлен на предупреждение аварий и обеспечение готовности организаций к локализации и ликвидации последствий аварий. Правительственные документы указывают на усиление контроля в области природоохраны и охраны окружающей среды при эксплуатации нефтепродуктов и хранилищ. Тем не менее значительное число научных разработок по данной проблеме не систематизировано и их внедрение в производство явно недостаточно [1].

Анализ официальных сводок об авариях (актов расследований) позволяет утверждать, что научный подход к классификации и характеристике аварий, формированию представительного множества параметров-предвестников, автоматизации предсказания и обнаружения момента разладки техпроцесса только начинает складываться [1]. При этом эффективность повышения безопасности эксплуатации опасных производств зависит от полноты и тщательности использования статистической информации. Несмотря на обилие публикаций, полной статистики в литературе нет [1], поэтому систематизация и выработка конструктивных подходов ведутся достаточно условно. Официальная статистика также не отражает эту область функционирования объектов нефтегазового комплекса, часто нет сведений о характере и количестве аварий, научные коллективы не имеют доступа к действительной картине аварий. Так, в 2003 г. в ходе проверок предприятий НГК выявлены факты сокрытия разлива нефти на производственных объектах: ООО «Сургутгазпром» — 1 авария, ОАО «Самотлорнефтегаз» НГДУ-2 — 1 авария, ОАО «Томскнефть» ВНК — 30 аварий, ОАО «Сибнефть-Югра» — 2 аварии, ОАО НК «ЮКОС» — 6 аварий, ООО «Лукойл-Западная Сибирь» — 22 аварии, ОАО «Сургутнефтегаз» — 13 аварий. За нарушения временно была приостановлена производственная деятельность на 14 объектах [2]. Должное внимание ретроспективным данным, их обработке и анализу уделяется лишь в зарубежных компаниях [1].

В связи с вышеизложенным актуально создание системы хранения и использования опыта работы объектов НГК. Для этого необходимы:

- организация централизованного хранилища данных мониторинга объектов НГК, сведений об аварийных ситуациях на предприятиях НГК — банка данных о ретроспективной динамике;
- комплексное непрерывное научное исследование этих данных с целью определения закономерностей, прямых и косвенных предвестников разладок и аварий, разработки моделей потоков событий и трендов, позволяющих повысить точность соответствующих прогнозов;
- формирование аналитико-экспертных методов оперативного использования этих результатов в процессе нефтегазового производства, точнее, адекватных средств поддержки деятельности служб эксплуатации оборудования [3].

Ввиду недоступности полных данных, в частности из-за коммерческой тайны, в настоящей работе приводится результат предварительного исследования ретроспективной динамики по фрагменту SCADA-архива.

1. Описание фрагмента SCADA-архива

Обозначенные выше проблемы могут быть решены с помощью комплекса средств автоматического мониторинга объектов НГК. Одним из продуктов такого мониторинга являются SCADA-архивы предприятий, содержащие большой объем ценной для будущего функционирования объекта информации (если мониторинг комплексный, то измерению подвергаются сотни-тысячи параметров). Адекватная, полная и своевременная обработка этих данных, компактное и образное представление результатов их анализа позволит в будущем эффективно и своевременно воздействовать на техпроцессы и состояние оборудования.

Однако информация имеет свойство стареть. Если она не обработана в текущем режиме, то восстанавливается с тем большим трудом, чем позже совершена аналитическая обработка. В лучшем случае SCADA-архивы упаковываются в СУБД и служат для «разбора полетов» при серьезных срывах в функционировании промысла, вся же имеющаяся в них ценная информация лежит мертвым грузом, отработав только в момент появления.

Цель нашей работы — определить возможности и принципы методики исследования ретроспективы АСУ ТП на фрагменте такого архива, созданного SCADA-системой в процессе функционирования объекта управления посредством пакета ICONICS. Это реальный архив Alarm_History одного из объектов нефтегазового комплекса, в нем 290 678 записей о состояниях объекта управления в период с 03.02.2003 по 25.04.2004. Каждая запись состоит из 7 полей (табл. 1).

2. Цели исследования ретроспективной динамики

Исследование SCADA-архива будем вести, последовательно ставя цели и возвращаясь к массиву столько раз, сколько целесообразно. В данной работе мы приводим результаты решения только двух задач: 1) отобразить поток разладок и выявить их предвестники; 2) получить информацию, характеризующую взаимодействие оператора с

консолью SCADA-системы.

На основании статистической модели потока разладок и по распределению времени реакции оператора (службы эксплуатации) можно решать, в частности, производственные задачи:

1. Своевременное профилактическое обслуживание оборудования — график $(t_1, t_2, \dots, t_n)^j$ для j -го устройства (механизма).

Таблица 1

Фрагмент архива Alarm_History

EventType	Quality	EventTime	ms	Tag	ConditionName	Message
...
Состояния	Норма	13.02.03 4:23	786	L5_Di01_3	Дискретное состояние	НВО 7. Агрегат остановлен
Состояния	Норма	13.02.03 4:24	15	L5_Di01_7	Дискретное состояние	НПВ 1. Агрегат остановлен
Состояния	Норма	13.02.03 9:50	370	L5_Di04_2	Дискретное состояние	НВО 2. Агрегат остановлен
...
Тип события	Качество	Время события	В мс	Тэги	Наименование условия	Сообщение об объекте

2. Определение числовых характеристик случайных потоков отказов отдельных механизмов — $A_j = (a_1, \dots, a_n)^j, j = 1, 2, \dots$.

3. Прогнозирование момента t_a возможной аварии/разладки.

4. Заблаговременное оповещение оператора, выдача ему рекомендации о возможных действиях.

5. Выдача такой же информации на центральный диспетчерский пункт промысла и службам эксплуатации соответствующего оборудования.

6. Оценка эффективности действий оператора, служб в период наблюдения.

Рассмотрим пример, демонстрирующий наличие закономерностей и сложность их идентификации. Так, 30.04.2003 в 10:28:31 поступило сообщение «Давление на выходе УПСВ низкое»:

EventType	Quality	EventTime	ms	Tag	ConditionName	Message
Состояния	Норма	30.04.2003 10:28:31	817	L1_Ai009	Выход за предел	Давление на выходе УПСВ низкое

Это сообщение служит сигналом к тому, что ситуация, возможно, предаварийная. Следующее сообщение говорит о том, что ситуация близка к критической:

EventType	Quality	EventTime	ms	Tag	ConditionName	Message
Состояния	Плохое	30.04.2003 11:41:13	857	L1_Ai009	Выход за предел	Давление на выходе УПСВ аварийно низкое

Далее следует сообщение о поломке и ее возможных последствиях:

EventType	Quality	EventTime	ms	Tag	ConditionName	Message
Состояния	Плохое	30.04.2003 12:45:10	887	L2_Ai056	Выход за предел	Давление на выходе УПСВ аварийно низкое (возможен порыв трубопровода)

Следующая запись говорит о переходе в нормальный режим работы (поломка устранена):

EventType	Quality	EventTime	ms	Tag	ConditionName	Message
Состояния	Норма	30.04.2003 14:59:36	710	L2_Ai056	Выход за предел	Давление на выходе УПСВ в норме

Это один из наиболее простых случаев, когда виден предвестник разладки. В других ситуациях поиск подобной закономерности достаточно сложен, необходим просмотр записей специалистом по данному оборудованию (учет взаимосвязи состояний одних агрегатов от параметров других). Например, 02.03.2003 в 10:29:26 поступил сигнал «Отсутствует пламя на горелке 2!».

EventType	Quality	EventTime	ms	Tag	ConditionName	Message
Состояния	Норма	02.03.2003 10:29:26	321	L3_Di16_6	Дискретное состояние	Отсутствует пламя на горелке 2!

Следующая запись сообщает о том, что печь 3 остановлена, так как на горелке 2 нет пламени (причем запись

появляется в ту же секунду):

EventType	Quality	EventTime	ms	Tag	ConditionName	Message
Состояния	Норма	02.03.2003 10:29:26	311	Pech3_2	Дискретное состояние	Печь 3 остановлена!!! (горелка 2)

Далее запись говорит о том, что на горелке 2 появилось пламя:

EventType	Quality	EventTime	ms	Tag	ConditionName	Message
Состояния	Норма	02.03.2003 10:31:27	452	L3_Dil6_6	Дискретное состояние	Есть пламя на горелке 2

И как следствие этого печь 3 приходит в рабочее состояние:

EventType	Quality	EventTime	ms	Tag	ConditionName	Message
Состояния	Норма	02.03.2003 10:31:27	442	Pech3_2	Дискретное состояние	Печь 3 в работе (горелка 2)

Таким образом, в некоторых случаях требуется анализ причинно-следственных связей между событиями, происходящими на объекте управления, и существует необходимость просмотра записей за достаточно большой интервал времени, предшествующий поломке.

Обзор нескольких таких архивов различных предприятий показал, что все архивы обязательно имеют два вида полей:

1. Поля сообщений о событиях, отражающих норму или отклонение от нормы измеряемого параметра.
2. Поля времени наступления соответствующих событий.

По таким данным можно осуществлять статистическое описание потоков соответствующих событий путем выделения частных матриц пассивного эксперимента.

3. Формирование матриц пассивных экспериментов

Авторами проведено исследование архива в условиях отсутствия данных об объекте автоматизации и описания SCADA-системы. Далее описывается процесс выделения данных, относящихся к работе одного из узлов.

1. Сначала определяются типы объектов по полю Message (см. табл. 1). Для этого перечисляются все объекты, встречающиеся в архиве, и их компоненты. В нашем случае это 13 типов агрегатов и их элементы (например, для печей — горелки):

- БРХ — блок реагентного хозяйства;
- ГС — газосепаратор;
- ЕП — емкость подземная;
- МПУ — местный пункт управления;
- НПВ — насосная пластовой воды;
- НВО — насосная внешней откачки;
- ПТБ — печь трубчатая;
- РВС — резервуар вертикальный стальной;
- компрессорная;
- завдвижки;
- печи;
- сепаратор;
- отстойники.

По этим данным идентифицирован объект, о котором идет речь в фрагменте SCADA-архива. В нашем случае это установка предварительного сброса воды (УПСВ).

2. Далее отображается компоновка объекта с учетом знаний конструкции и консультации с экспертами (рис. 1). В данном случае полезна иерархическая нумерация объектов, например: верхушка иерархии (УПСВ) — 1, БРХ — 1.1, компрессорная — 1.8, нагреватель — 1.8.1, горелка 4 — 1.10.4 и т. д.

3. Выделяются наблюдаемые SCADA-системой параметры каждого объекта (строится подматрица эксперимента). Фиксируются все встречающиеся в архиве результаты измерения (наблюдения) каждого из параметров (заполняется матрица эксперимента).

В результате сформированы подматрицы пассивного эксперимента для каждого из наблюдаемых объектов. Они размещены в СУБД Microsoft Office Access 2003. Так, в архиве обнаружено 23 579 записей, относящихся к компрессорной станции и ее агрегатам. Модель данных соответствующей подматрицы эксперимента отображена в табл. 2. Подобным образом структурирован весь архив.

4. Идентификация модели потока событий

Построим таблицу интервалов времени между последовательными аварийными режимами для отстойников (O1...O6) в период с 03.02.2003 по 25.04.2004. Для этого из всех записей поля Message, связанных с отстойниками, выберем те, которые характеризуют аварийные режимы работы. Это два типа записей: «Раздел фаз в O аварийно высокий» — событие типа В; «Раздел фаз в O аварийно низкий» — событие типа Н. Затем исключим из массива записи квитирования (моменты $t_{кв}$ подтверждения оператором восприятия сообщений) событий по методике, описанной далее. В результате получится массив интервалов времени появления событий t_i . Фрагмент данных приведен в табл. 3.



Рис. 1. Структура УПСВ

Таблица 2

Информация о матрице пассивного эксперимента по компрессорной станции

Объект	Компрессорная станция																				
	Нагреватель				Ресивер								Осушка		Компрессор № 1		Компрессор № 2		Пожарное состояние		Тем в
	Состояние		Коммутация		Давление				Уровень конденсата		Состояние		Состояние		Состояние		Пожарное состояние				
Возможные состояния (через тире указано количество записей)	1. Компрессорная. Нагреватель выключен — 507	2. Компрессорная. Нагреватель включен — 272	1. Нагреватель в компрессорной не включился — 2799	2. Нагреватель в компрессорной включился — 3924	1. Давление в ресивере ниже допустимое — 173	2. Давление в ресивере выше допустимое — 888	3. Давление в ресивере ниже предельное — 201	4. Давление в ресивере в норме — 1034	1. Ресивер. Высокий уровень конденсата — 8	2. Ресивер. Уровень в норме — 3	1. Осушка выключена — 46	2. Осушка включена — 66	1. Компрессор № 1 выключен — 4428	2. Компрессор № 1 включен — 4436	1. Компрессор № 2 выключен — 2385	2. Компрессор № 2 включен — 2381	1. Компрессорная. Нет пожара — 3	2. Компрессорная. Пожар!!! — 7	1. Температура воздуха в помещении очень низкая — 8		

Таблица 3

Моменты появления событий В и Н отстойников О1...О5 (значения часов нарастают по суткам)

О1		О2		О3		О4		О5	
В	Н	В	Н	В	Н	В	Н	В	Н
26:26:07	0:08:46	198:56:54	0:26:07	26:26:07	0:08:47	26:26:07	0:08:46	126:27:36	221:16:41
27:23:44	0:03:39	63:11:12	0:08:42	27:23:44	0:03:38	27:23:44	0:03:39	109:40:16	221:40:41
21:20:17	142:56:38	21:23:42	0:03:27	21:20:17	142:56:39	27:32:52	142:56:38	0:24:50	222:13:11
0:08:20	78:20:03	2:02:18	167:46:08	0:08:20	78:20:03	0:29:38	78:20:03	52:01:12	313:24:26
0:03:33	221:39:00	151:16:57	53:30:00	0:03:33	221:39:01	2:56:23	221:39:01	214:16:57	5:08:15
18:08:04	0:01:41	0:01:56	221:39:01	18:08:04	0:01:40	15:39:53	0:01:40	1:16:49	19:35:48
38:13:44	215:02:27	125:27:33	0:01:40	38:13:44	138:43:21	4:49:05	154:05:45	9:45:43	0:07:30
0:45:33	13:12:58	219:07:41	43:01:42	0:45:33	94:03:22	12:28:59	0:01:00	198:39:35	0:05:26
...
0:01:06	95:48:24	61:58:32	111:02:31	0:01:06	4:00:01	0:45:33	0:01:25	72:35:25	0:26:55
21:04:14	20:44:05	147:06:03	101:08:06	21:04:14	0:17:42	41:47:06	3:57:56	45:33:16	253:21:47
48:31:25	5:08:16	70:36:33		48:31:25	0:09:41	17:43:19	235:44:02	75:43:06	154:54:11

0:19:02	0:33:35	1:53:16		0:19:03	0:01:54	11:25:43	5:49:16	8:48:34	41:14:34
77:57:18	0:49:02	54:26:27		77:57:18	4:00:21	9:52:51	2:21:36	7:37:37	3:55:29
0:55:20	18:11:50	52:12:06			7:40:27	1:45:19	60:36:50	313:47:36	2:02:58
9:53:57	0:07:30	101:33:06			36:06:01	3:15:55	5:08:15	135:37:21	42:50:23
	0:05:25	17:04:19			17:41:21	0:19:03	19:35:02		22:46:43
	1:21:38	49:23:50				5:20:14	0:07:31		84:15:46
	26:26:23	1:39:24				0:53:17	0:05:25		431:25:38
	0:06:33					0:58:12	1:21:38		

Полный период наблюдения T_0 составил 10 729,68 часа. При отображении интенсивности потока событий возможны два метода графического представления данных: накопленное и индивидуальное число событий [5]. Простейшим графиком первого типа является зависимость полного числа событий, наступивших до момента t (включая t), от текущего t , отсчитываемого с момента появления первого события. На рис. 2 такой график представлен для отстойника О5, события типа В: по оси x — t , по оси y — количество событий. Наклон прямой, соединяющий любые две точки графика, определяет среднее число событий в единицу времени за соответствующий период. Таким образом, график позволяет заметить малые систематические изменения в интенсивности потока.

Большой интерес представляет зависимость интенсивности потока I от числа произошедших разрядок n (рис. 3). Гипотетически эта зависимость должна быть возрастающей, так как увеличение числа технологических разрядок может быть следствием физического износа объекта, что и следует из рис. 3.

Первостепенное значение при решении вопроса о профилактическом обслуживании оборудования имеет распределение длительности безотказной работы. При этом целесообразно строить график логарифма эмпирической функции надежности [5]:

$$\ln R(t_i) = \ln \left(1 - \frac{i}{n_0 + 1} \right),$$

где n_0 — объем выборки ($n_0 = 55$), i — количество интервалов, не превышающих i -й. На рис. 4 представлен логарифм эмпирической функции распределения интервалов между рассматриваемыми событиями типа В.

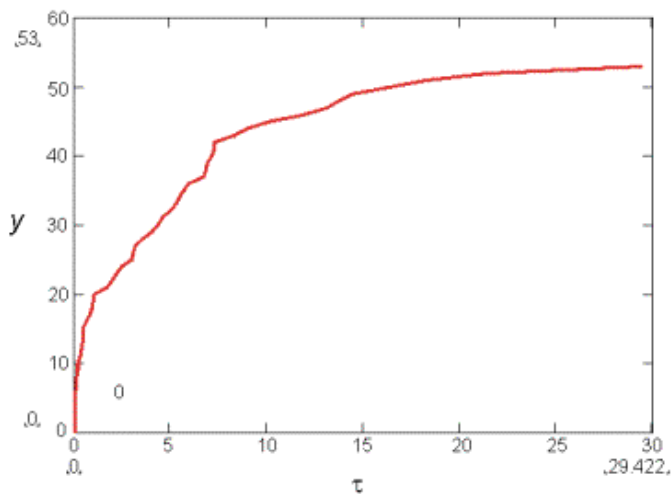


Рис. 2. Накопленное число разрядок $y(t)$

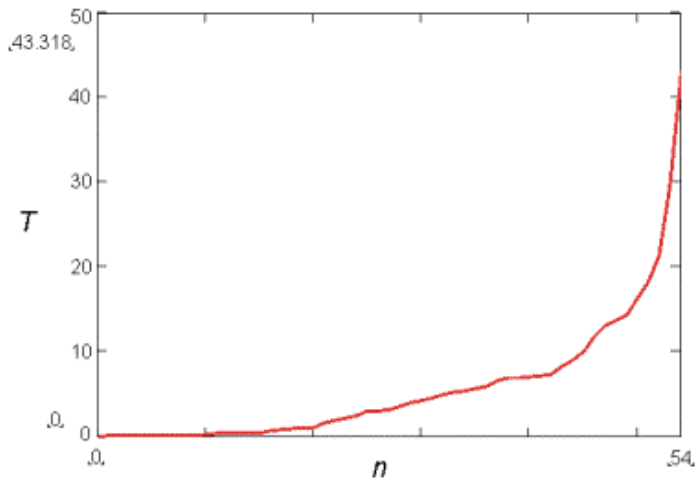


Рис. 3. Зависимость интенсивности потока разрядок от их числа

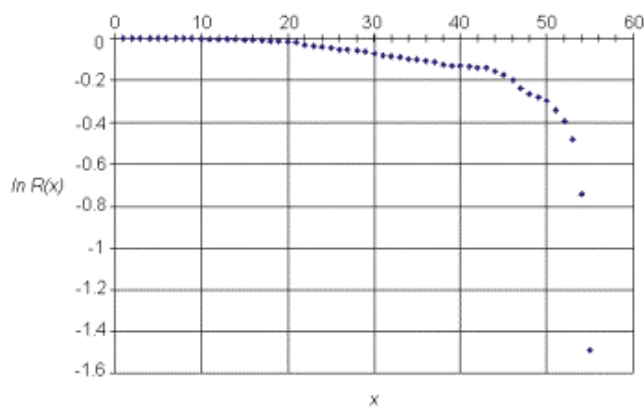


Рис. 4. Логарифм эмпирической функции надежности

Видно, что эта функция далека от экспоненциальной.

Другой характеристикой таких интервалов является автокорреляция. Ее существенная величина может дать основание для прогноза времени до следующей технической разрядки. Однако значение 1-го коэффициента корреляции $K = -0,04$ между соседними интервалами показывает отсутствие такой возможности.

Из гистограммы интервалов времени между событиями типа В (t_k — время квитирования, N — количество соответствующих t_k в рассматриваемом временном интервале) следует, что время безотказной работы устройства О5 распределено по закону, напоминающему экспоненциальный (рис. 5).

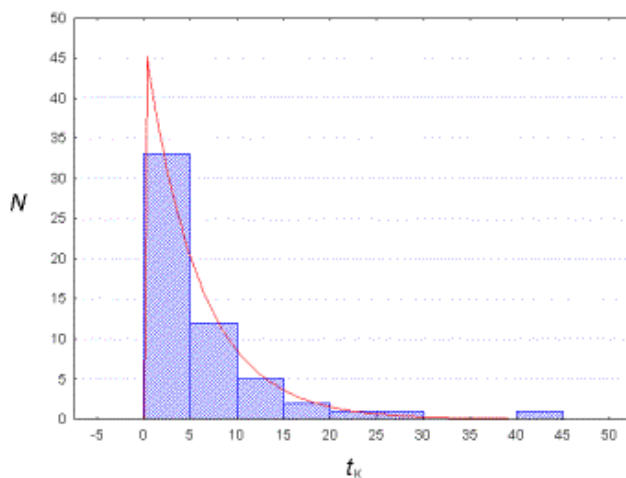


Рис. 5. Интервалы времени между событиями типа В

Графики накопленного числа событий и логарифма эмпирической функции надежности служат основой сравнения поведения отстойников.

5. Проблема отображения взаимодействия оператора с пультом управления

Данные SCADA-архива позволяют оценить эффективность взаимодействия оператора с пультом управления. На основании экспертного анализа, а также с помощью соответствующей автоматической процедуры распознавания определялись записи, отражающие ненормальный (требующий вмешательства) режим работы каждого из объектов и время его квитирования оператором. Новая матрица эксперимента имеет вид табл. 4.

Факты вмешательства оператора в процесс управления определялись по записям поля EventType. Если EventType = Взаимодействия, то вмешательство оператора в процесс управления осуществлено с персонального компьютера, т. е. с его рабочего места. При этом следует учитывать, что прямое вмешательство: остановить насосы, сдвинуть задвижку — не всегда отражалось в SCADA-архиве.

Ненормальные режимы работы объекта можно идентифицировать аварийными состояниями цифровых датчиков или предупредительными и аварийными уровнями аналоговых датчиков (ConditionName = «Дискретное состояние» или «Выход за предел»), а также содержанием поля Message. Каждому виду сообщения (событию) соответствует несколько вариантов записей в поле Message. Варианты содержания поля Message определяются в специальном документе, чаще всего это «Технологическая карта сигнализаций и блокировок».

Обнаружено также, что не всегда присутствует полная совокупность сигналов, необходимая для отображения аварийного состояния объекта или последовательности выполненных оператором действий. Причиной могут быть технические обстоятельства, организационные ограничения, человеческий фактор и т. д. Например, запись

EventType	Quality	EventTime	ms	Tag	ConditionName	Message
Состояния	Норма	24.04.2004 15:31:06	419	L1_Rs043	Выход за предел	Раздел фаз в O2 высокий

говорит о том, что поступил сигнал о выходе за предел высокого уровня раздела фаз в отстойнике 2. Далее следует запись:

EventType	Quality	EventTime	ms	Tag	ConditionName	Message
Состояния	Норма	24.04.2004 15:31:26	419	L1_Rs043	Выход за предел	Раздел фаз в O2 высокий

Она означает, что в 15:31:26 (через 20 с) этот сигнал был подтвержден (воспринят) оператором (нажата кнопка квитирования): появление той же записи в следующий момент времени. Интерпретация этого события как неаварийного или предаварийного требует консультации со специалистом или дополнительной информации.

Например, нефтепровод был переключен на подачу нефти с куста скважин, где вода составляет 95 %. Отстойник в значительной степени заполнился водой, и уровень раздела фаз поднялся. В этом случае обсуждаемая запись не относится к аварийному состоянию и отражает лишь особенность техпроцесса.

Возможна ситуация, когда клапан, поддерживающий уровень раздела фаз, заклинило и он не закрылся, или при изменении режима работы УПСВ оператор забыл перевести клапан в новое состояние (влияние человеческого фактора). В том и другом случаях уровень раздела фаз поднялся, качество нефти ухудшилось, печь встала из-за уменьшения расхода. Соответственно рассматриваемая запись сигнализирует о предаварийном состоянии.

Вышеперечисленное не позволяет производить параметрическую идентификацию состояний, а следовательно, выявлять закономерности и давать прогноз.

Другой вариант. Через определенное время (1 ч 21 мин 33 с) запись фиксирует изменение к лучшему:

EventType	Quality	EventTime	ms	Tag	ConditionName	Message
Состояния	Норма	24.04.2004 16:52:59	419	L1_Rs043	Выход за предел	Раздел фаз в O2 в норме

Но информации о действиях оператора или системы автоматического регулирования нет. Поэтому интерпретация последовательности действий, по сути, невозможна, не достаёт дневниковых записей эксперта (оператора).

Поток событий, следующих из рассмотрения последовательности этих записей, отображен в табл. 4. В ней t_a — время наступления события, t_k — время квитирования (реакции оператора на событие), t_H — переход агрегата в нормальный режим работы.

Таблица 4

Матрица наблюдения реакций оператора

Событие	t_a	t_k	Время реакции, с	t_H
Раздел фаз в O2 высокий	24.04.2004 15:31:06	24.04.2004 15:31:26	20	24.04.2004 16:52:59
...

Авторами рассмотрен прецедент появления аварийно высокого уровня раздела фаз для отстойника № 5 (O5). Этот

случай интересен тем, что при каждом появлении такого события обязательно следовало квитирование с задержкой от 2 до 46 с, т. е. нет anomalно высоких значений (рис. 6).

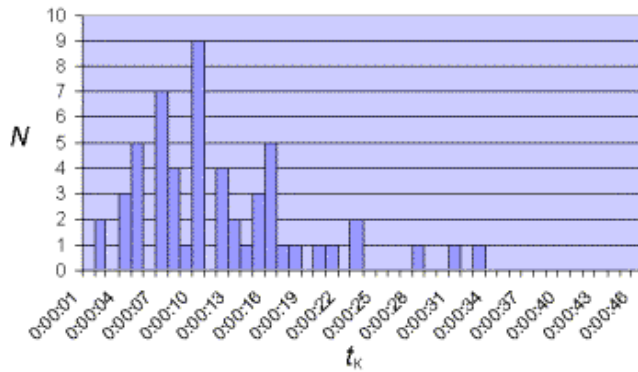


Рис. 6. Гистограмма t_k для O5, события типа В

В архиве встречаются достаточно большие значения t_k . В табл. 5 (фрагменте соответствующей матрицы эксперимента) полужирным шрифтом выделены «аномальные» значения (типы событий В или Н здесь не разделены).

Таблица 5

Время квитирования по всем отстойникам

O1	O2	O3	O4	O5	O6
0:00:09	0:00:10	0:00:03	0:00:05	0:00:02	0:01:29
0:00:14	0:00:05	0:00:01	0:00:10	0:00:03	0:00:15
0:01:06	0:00:04	0:00:06	0:00:08	0:00:06	0:00:27
0:00:02	0:00:01	0:00:09	0:00:05	5:08:15	0:00:07
0:00:10	0:00:05	0:00:02	0:53:17	0:00:04	0:00:02
0:00:02	0:00:01	0:00:22	0:00:02	0:00:01	0:00:05
0:01:22	0:00:09	0:00:09	0:00:06	2:02:58	0:00:01
...
0:00:07	0:00:04	0:00:06	0:00:05	0:00:09	0:00:04
0:00:02	0:00:01	0:00:03	48:36:39	0:00:03	0:00:15
0:00:07	0:00:06	0:00:09	0:00:03	0:00:06	0:00:05
0:00:01	0:00:08	0:00:07	0:00:10	0:00:03	0:00:25
0:00:05	0:00:04	0:00:09	0:00:08	0:00:11	0:34:41
0:00:07	2:02:58	0:00:09	0:01:58	0:00:02	0:00:01
0:00:12	0:00:08	0:00:10	0:00:05	0:00:07	12:17:32

Выборка времени квитирования по всем отстойникам (1459 значений) содержит anomalные значения (см. далее). При построении гистограммы (рис. 7) они исключены (осталось 1089 значений). В табл. 6 приведены числовые характеристики выборки.

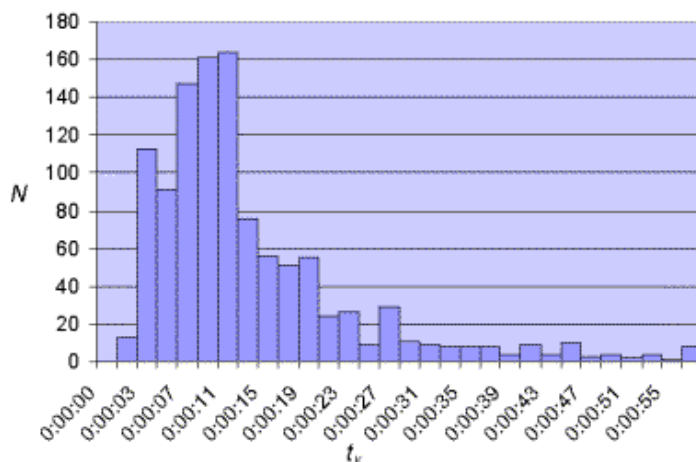


Рис. 7. Гистограмма t_k по всем отстойникам и совокупности событий В и Н (без anomalных значений: $t_k \leq 49$ с)

Таблица 6

**Числовые характеристики выборки времени квитирования
без аномальных значений**

Асимметрия	Экссесс	Квартиль 0	Квартиль 1	Квартиль 2 (медиана)	Квартиль 3	Квартиль 4	Мода	Среднее значение
1.63	2.78	1 с	8 с	11 с	17 с	47 с	9 с	14 с

Приведенные данные позволяют констатировать:

— реакция оператора на сигналы консоли в целом замедлена (12 % значений выборки составляют больше 17 с и достигают 49 с);

— распределение времени квитирования не экспоненциальное, как следовало бы ожидать, а близко к логнормальному и гамма-распределению (см. точку на диаграмме Меррингтона и Пирсона в [6]).

Если включить в описательную статистику аномальные значения, в частности $t_{\text{кмакс}} = 822:15:39$, то получим среднее время квитирования $t_{\text{кс}} = 11:49:31$ при медиане 15 с. Это требует дополнительного исследования. Большие значения времени квитирования могут быть объяснены следующим образом:

1. Квитирования не было вообще, т. е. кнопка квитирования события не была нажата оператором вовремя. В этом случае, если $t_{\text{к}}$ более 10 мин, оно относится просто к наступлению следующего события в ряду однородных.

2. Квитирование было, но с запозданием в 1–10 мин (оператор во время появления события не находился на месте).

3. Ошибочная идентификация записей архива авторами.

4. По мнению эксперта, могут иметь место ошибки SCADA-системы. Бывают недоработки в момент наладки системы (например, неверно подобранные времена фильтрации цифровых сигналов), проблемы с первичными и вторичными датчиками. Часто развитие и сопровождение системы отстает от развития объекта: меняются состав оборудования, добываемых флюидов, технология подготовки нефти, технологические регламенты установок. SCADA-системы по ряду причин практически никогда не успевают оперативно меняться в соответствии с новыми условиями. Поэтому «ошибки SCADA-системы» могут вносить серьезные коррективы в конечные результаты.

Таким образом, требуется более тщательное изучение архива в совокупности с вахтенными журналами и комментариями специалистов.

Обработка данных архива велась в СУБД Microsoft Office Access 2003 средствами Microsoft Office Excel, Statistica 6.0, Mathcad 2001i Pro.

Заключение

В SCADA-архиве имеется информация, позволяющая выявить ряд особенностей функционирования промысла. В частности, по наличию больших значений времени квитирования можно предположить, что работа оператора не эффективна.

Ориентация в ретроспективном анализе только на SCADA-архивы, без дополнительной информации (вахтенные журналы операторов) и комментариев специалистов, недостаточна для значимых заключений. Необходим весь документальный материал, связанный с отображением функционирования промысла.

Авторы признательны Р. С. Зайцеву за участие в работе в качестве эксперта по результатам предварительного исследования.

Литература

1. *Диагностика повреждений и утечек при трубопроводном транспорте многофазных углеводородов* / Под общ. ред. Ю. Д. Земенкова. Тюмень: Вектор Бук, 2002. 432 с.
2. *Охрана окружающей природной среды* // <http://www.hmao.wsnet.ru>.
3. *Бояркин М. А., Шапцев В. А.* Об одном из подходов к решению проблемы «человеческого фактора» на объектах нефтегазового комплекса // Вестн. кибернетики. Тюмень: Изд-во ИПОС СО РАН, 2004. Вып. 3. С. 108–116.
4. *Информация об авариях на опасных производственных объектах по федеральным округам* // <http://www.gosnadzor.ru>.
5. *Кокс Д., Льюис П.* Статистический анализ последовательности событий. М.: Мир, 1969. 301 с.
6. *Хан Г., Шапиро С.* Статистические модели в инженерных задачах. М.: Мир, 1969. 395 с.

M. A. Boyarkin, V. A. Shaptsev

**PRELIMINARY INVESTIGATION OF THE ARCHIVES' DATA
REGARDING AUTOMATIC MONITORING OF OIL-AND-GAS FACILITIES**

The article quotes the results of preliminary investigation of the SCADA-archives, aiming at reflecting the behaviour of oil-and-gas facilities, in particular, for analysis of interaction efficiency between operator and control desk (consoles of the SCADA-system), as well as under search of regularities within a stream of events associated with deviations from normal conditions in the equipment operation.