



Пегушин С.Л., Шумихин А.Г.

ПРИМЕНЕНИЕ ТАКТИКИ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНЫХ КОНТРОЛЬНЫХ ИСПЫТАНИЙ НА НАДЕЖНОСТЬ ЭЛЕМЕНТОВ АСУ ТП И АВТОМАТИЧЕСКОЙ ПАЗ В УСЛОВИЯХ ЭКСПЛУАТАЦИИ ДЛЯ ЕЕ УЧЕТА ПРИ FMEA – АНАЛИЗЕ

В статье рассмотрена методика применения в условиях эксплуатации для технических средств АСУ ТП и автоматической противоаварийной защиты (ПАЗ) нефтеперерабатывающих производств, основанная на тактике последовательных контрольных испытаний на надёжность, и учета результатов испытаний при анализе отказов и их последствий в соответствии с методологией FMEA – анализа. Предполагается, что условия эксплуатации различных типов технических средств соответствуют режиму «нормального» функционирования системы и экспоненциальному (показательному) закону распределения времени безотказной работы. В нотации IDEF3 структурного моделирования приведено описание процесса испытаний, анализа причин отказов, разработки мероприятий по их предотвращению. Ведение единой базы данных по контрольным испытаниям на надежность осуществляется в PDM-системе.

Ключевые слова: нефтепереработка, автоматизированная система управления, надежность, причины и последствия отказов, анализ.

При эксплуатации комплекса средств АСУ ТП и автоматической ПАЗ возникает необходимость в контроле применяемых технических средств на соответствие показателей их надежности значениям, предусмотренным нормативной и конструкторско-проектной документации (НТД). Для организации такого контроля рассматривается применение в условиях эксплуатации тактики последовательных контрольных испытаний на надежность для экспоненциального закона распределения вероятности отказов [1].

Применение этой методики рассмотрено на примере датчиков давления печи П-2/3 установки селективной очистки масел 37-10 нефтеперерабатывающего производства для следующих исходных данных:

- общее количество датчиков давления $N=14$;
- наработка $t = 4392$ часа;
- риск потребителя $\alpha = 0.05$;
- риск поставщика $\beta = 0.05$;

– браковочное значение контролируемого показателя – времени безотказной работы $T_\beta=10000$ часов (принимается на основе технической документации на оборудование или по согласованию с заказчиком изделий);

– приемочное значение контролируемого показателя $T_\alpha=20000$ часов (принимается на основе технической документации на оборудование или по согласованию с заказчиком);

– отношение $(T_\alpha / T_\beta) = 2$.

В соответствии с методикой [1] определяются границы соответствия:

$$r^+ = a(t_\Sigma / T_\alpha - t_0 / T_\alpha),$$

и несоответствия

$$r^- = at_\Sigma / T_\alpha + r_0,$$

где a – тангенс угла наклона прямой; r – число отказов или число отказавших объектов; r_0 – точка пересечения линии несоответствия с осью ординат; t_Σ – ожидаемая суммарная наработка до принятия решения; t_0 – точка пересечения линии соответствия с осью абсцисс.

В соответствии с планом контроля средних показателей надежности по последовательному методу для экспоненциального распределения, приведенном в [1] для случая $T_\alpha / T_\beta = 2$ и $\alpha = \beta = 0.05$ находятся значения: $a = 1.44$; $r_0 = 4.25$; $t_0 / T_\alpha = 2.94$; $t_\Sigma / T_\alpha = 8.64$; $r_{yc} = 25$ (r_{yc} – предельное число отрицательных исходов при усеченном последовательном контроле).

Ожидаемая суммарная наработка до принятия решения о соответствии (несоответствии) определяется по формуле

$$t_\Sigma = Nt - \sum_{j=1}^r t_{ej}, \quad (1)$$

где t_{ej} – длительность восстановления работоспособного состояния после j -го из r отказов или длительность замены j -го из r отказавших образцов новым; t – наработка, измеряемая в часах.

За интервал наработки $t = 4392$ часа отказов датчиков давления в эксперименте зафиксировано не было и ожидаемая суммарная наработка, вычисленная по формуле (1), составила

$$t_\Sigma = Nt - \sum_{j=1}^r t_{ej} = 14 \cdot 4392 = 61488 \text{ и, соответственно, отношение } t_\Sigma / T_\alpha = 61488 / 20000 \text{ составило } 3.0744.$$

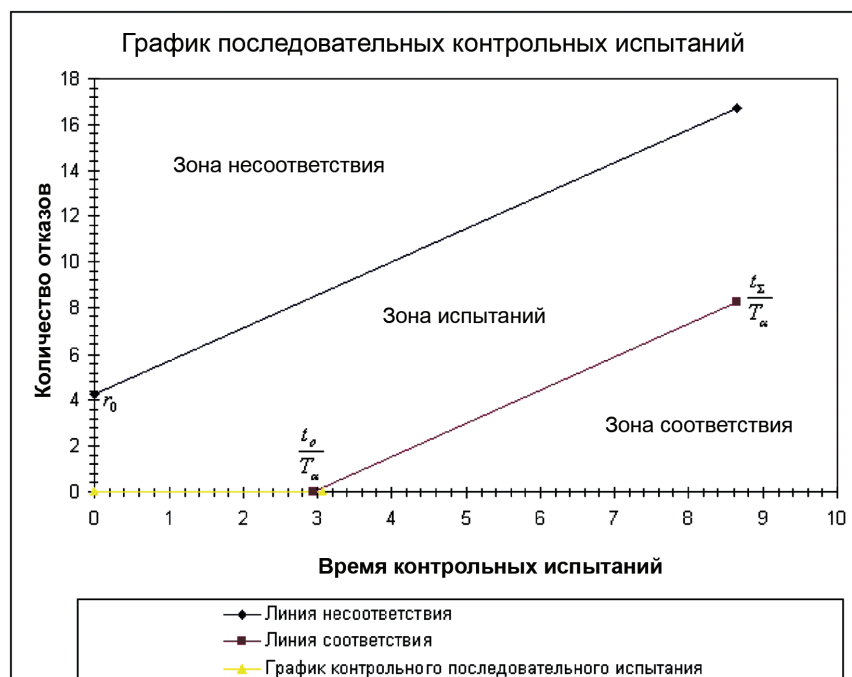


Рис. 1. График последовательных контрольных испытаний для датчиков давления

График контрольных последовательных испытаний для экспоненциального закона распределения, построенный в соответствии с методикой [1], представлен на рис. 1.

Представленный рисунок иллюстрирует, что датчики давления в рассматриваемом примере прошли контрольные испытания при эксплуатации и могут использоваться на нефтеперерабатывающем предприятии.

Информация по результатам контрольных наблюдений, накопленная в единой базе данных, позволяет использовать данные при выборе оборудования для вновь проектируемых и реконструируемых технологических установок нефтепереработки, снизить внеплановые остановки в результате отказа элементов комплекса технических средств за счет соответствующего технического обслуживания.

В случае, если оборудование не прошло контрольные испытания, необходимо проанализировать причины отказов и выработать мероприятия по их устранению. В качестве методологии для анализа причин отказов и их последствий возможно применение FMEA-методологии. Таблица FMEA-анализа имеет следующий вид:

Таблица 1. Пример таблицы FMEA

Вид оборудования	Вид потенциального отказа	Последствия отказа	Значимость отказа	Потенциальные причины отказа	Возникновение отказа	Меры по обнаружению отказа	Обнаружение отказа	Рекомендательные меры	Параметр риска потребителя
Отказ датчика температуры	Неисправность чувствительного элемента измерения	Отсутствие данных на мониторе оператора	4	Обрыв термопары, термометра сопротивления	2	Визуальный осмотр термопары, прозвонка термопары, измерение сопротивления	1	Изучение причины обрыва. Возможно, причины обрыва связаны с монтажными работами на технологическом объекте	8
Отказ датчика температуры	Неисправность HART преобразователя	Отсутствие данных на мониторе оператора	10	Отказ преобразователя	3	Визуальный осмотр, диагностика HART-коммуникатором или AMS	2	Наличие ЗИП	60

Значение коэффициента «Параметр риск потребителя» в таблице определяется как произведение коэффициентов «Значимость», «Возникновение отказа» и «Обнаружение». Коэффициенты для полей «Значимость», «Возникновение отказа», «Обнаружение» устанавливаются на основе экспертных оценок [2].

Описание процесса контрольных испытаний, анализа причин отказов и разработки мероприятий по их предотвращению схематично, в нотации IDEF3 структурного моделирования представлено на рис. 2.

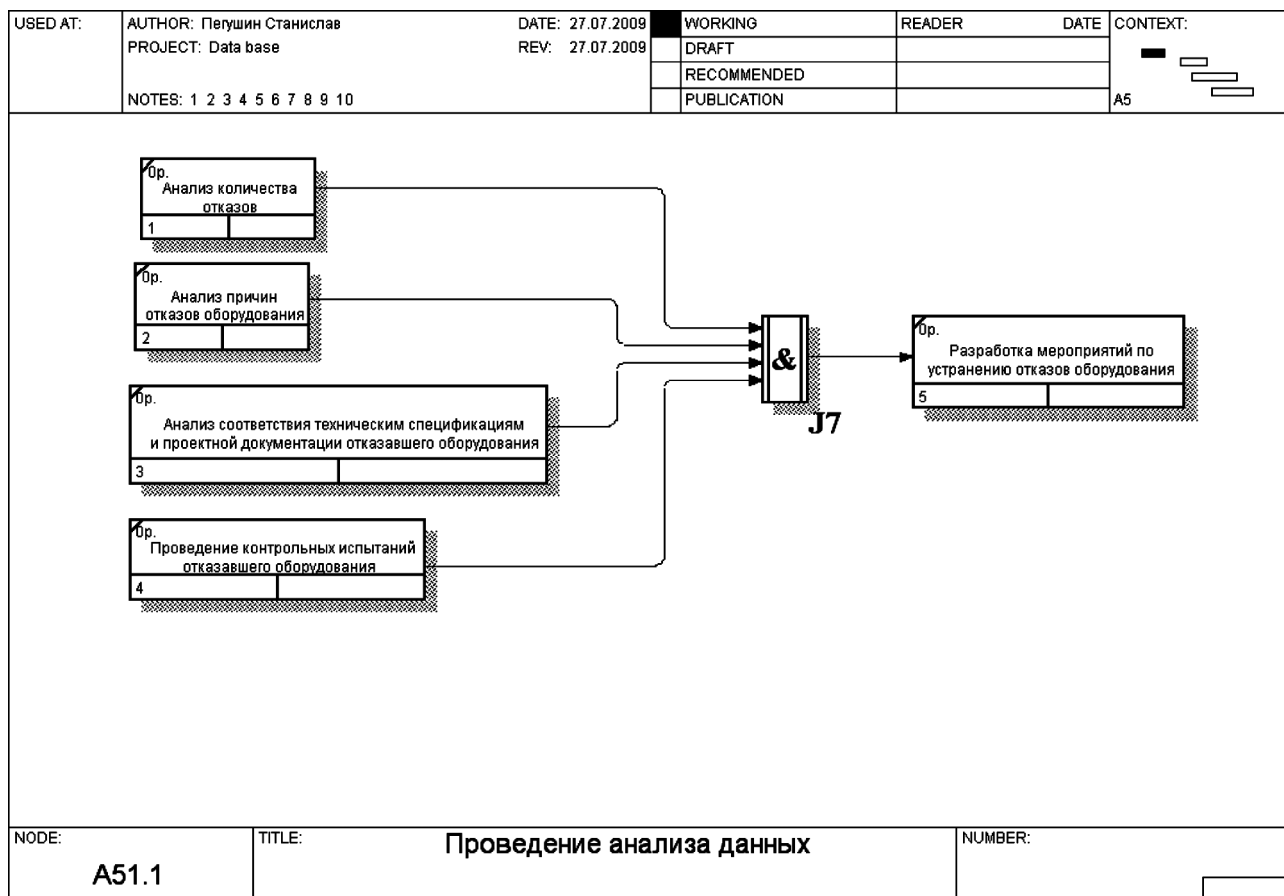


Рис. 2. Схема IDEF3 процесса контрольных последовательных испытаний

Результаты проведения контрольных испытаний хранятся в единой базе данных. Применение единой базы данных позволяет использовать большее количество выборок для проведения контрольных испытаний, что уменьшает вероятность совершить ошибку 1-го или 2-го рода при принятии решения о соответствии (несоответствии) по каждому типу оборудования.

Для создания и введения единой базы данных возможно использование PDM-системы, фрагмент «окна» которой представлен на рис. 3.

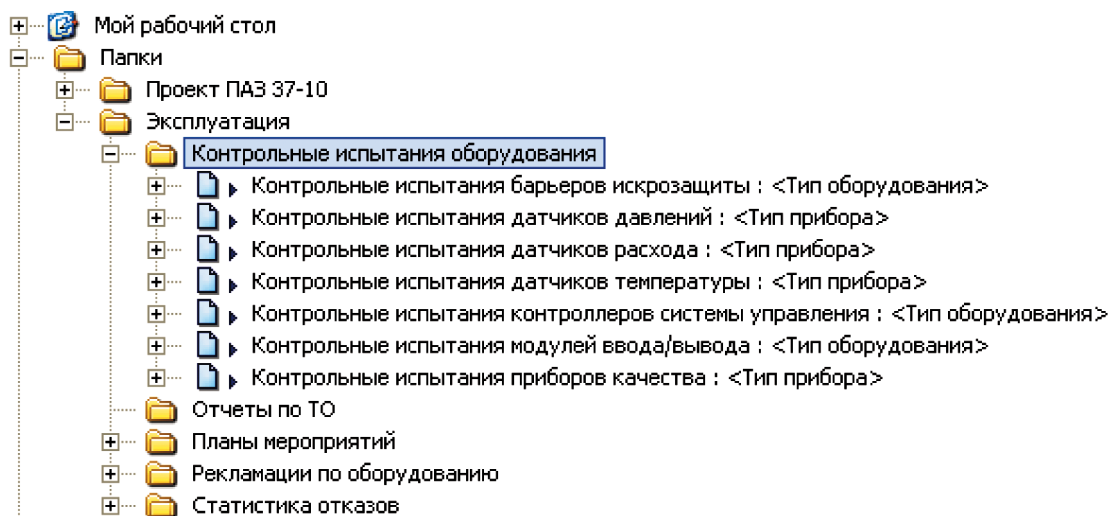


Рис. 3. Фрагмент контрольных испытаний в PDM-системе

Проведение контрольных испытаний позволяет в реальных условиях оценить надежность эксплуатируемого оборудования систем автоматической ПАЗ, разработать мероприятия по устранению выявленных неисправностей и внести соответствующие изменения в проектную и эксплуатационную документации, с целью совершенствования конфигурации систем и регламентов технического обслуживания.

Литература

1. ГОСТ 27.410-87. Надежность в технике. Методы контроля показателей надежности и планы контрольных испытаний на надежность.
2. ГОСТ 27.310-95. Надежность в технике. Анализ видов, последствий и критичности отказов. Основные положения.
3. Приказ Ростехнадзора от 11.03.2013 N 96 «Об утверждении Федеральных норм и правил в области промышленной безопасности «Общие правила взрывобезопасности для взрывопожароопасных химических, нефтехимических и нефтеперерабатывающих производств» (Зарегистрировано в Минюсте России 16.04.2013 N 28138).