

## Практическое внедрение «Методики оценки надежности систем контроля и управления в нефтехимической и нефтеперерабатывающей промышленности на ранних стадиях проектирования».

Проектная оценка надежности производится в целях:

- выработки и обоснования проектных решений по обеспечению требуемого уровня надежности АСУТП.
- определения численных значений показателей надежности;
- оценки соответствия достигнутого уровня надежности требованиям технического задания на разработку АСУТП;
- выделения наименее надежных составных частей системы для проведения мероприятий по повышению ее надежности;

Для проектного расчета надежности из технического задания выделяются главные функции АСУТП, полностью определяющие выполнение возложенных на систему задач. Моделирование и расчет надежности для АСУТП насосной 910-45 цеха №3 ООО «ПО «Киришинефтеоргсинтез» выполнялись по каждой из 18 основных функций отдельно и проектируемой АСУТП в целом.

Пример расчетов по нескольким функциям

F-7 - регулирование давления;

F-8 - регулирование расхода;



Данная схема функциональной целостности (СФЦ) включает в себя:

1. Контроллер РСУ.

Для обеспечения высокой надежности в контроллере РСУ было использовано групповое резервирование двух линий центральных процессоров CPU414H-2DP (вершины 16, 17), коммуникационных процессоров CP 444-1 (вершины 10, 11) и оптических модулей связи OSM (вершины 7, 77).

В случае отказа основной линии контроллера 16-10-7, с помощью модулей синхронизации (вершины 12 –15) осуществляется автоматическое подключение резервной линии 17-11-77.

В соответствии с требованиями технического задания все блоки питания контроллера 8, 18, 19 и 21 имеют поэлементное нагруженное резервирование элементами 9, 118, 119 и 22 соответственно. Проектное моделирование и расчеты показали, что без резервирования основные характеристики надежности контроллера РСУ составили бы:

Без учета восстановлений:	С учетом восстановлений:	
$P_c(1\text{год}) = 0.82;$	$KG_c = 0.999989;$	
$T_{oc} = 5.13 \text{ г.}$	$T_{oc} = 5.13 \text{ г.};$	(1)
	$P_{vc}(1г.) = 0.82.$	

Принятые в проекте виды резервирования позволили существенно повысить характеристики надежности контроллера РСУ и достичь следующих показателей:

Без учета восстановлений:	С учетом восстановлений:	
$P_c(1\text{год}) = 0.97;$	$KG_c = 0.99999999989;$	
$T_{oc} = 8.18 \text{ г.}$	$T_{но} = 2674465.51 \text{ г.};$	(2)
	$P_{vc}(1г.) = 0.98.$	

2. Два модуля аналоговых входов AI (элементы 25, 26) и два датчика аналоговых вводов (элементы 29,30);
3. Два регулирующих клапана (36,37) и один общий модуль аналогового выхода АО. Он представлен в СФЦ двумя размноженными вершинами (35,135) отдельно по каждой из двух внутренних функций.

Как видно из схемы на рис.5 и таб.2, различия в показателях надежности реализации функций F-7 и F-8 определяются только параметрами датчиков аналоговых вводов. Результаты расчетов приведены в таблицах 9 и 10.

### Расчеты надежности функции F-7

Таблица 9

Варианты расчетов	Размер ф. лог./ вер.	Результаты расчетов	Примечания
<b>А</b> без восстановления	12 / 20	$P_{F-7}(1_{\text{год}}) = 0.91$ $T_{oF-7} = 7.01$ год	Резервные элементы питания 22, 118, 119
<b>В</b> с восстановлением		$KГ_{F-7} = 0.999995$ $T_{hoF-7} = 11.35$ г. $P_{BF-7}(1_{\text{год}}) = 0.92$	$T_{vi} = 0.5$ час.

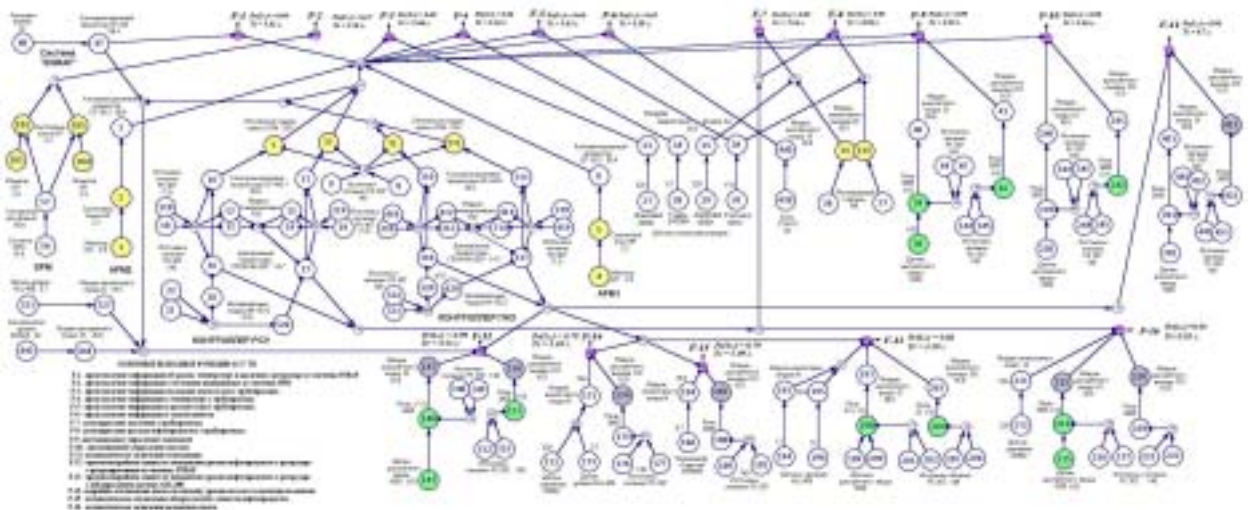
### Расчеты надежности функции F-8

Таблица 10

Варианты расчетов	Размер ф. лог./ вер.	Результаты расчетов	Примечания
<b>А</b> без восстановления	12 / 20	$P_{F-8}(1_{\text{год}}) = 0.91$ $T_{oF-8} = 6.96$ год	Резервные элементы питания 22, 118, 119
<b>В</b> с восстановлением		$KГ_{F-8} = 0.9999949$ $T_{hoF-8} = 11.18$ г. $P_{BF-8}(1_{\text{год}}) = 0.92$	$T_{vi} = 0.5$ час.

После расчета надежностных показателей по каждой функции АСУТП, производится анализ отказоустойчивости АСУТП (выявление элементов и составных частей, отказы или разрушения которых наиболее опасны). Для этого разрабатывается комплексная структурная модель надежности АСУТП, которая представляет собой логическое объединение всех рассмотренных ранее СФЦ, определяющих условия реализации главных функций.

Рис.13. Общая СФЦ, артефактного расчета надежности АСУТП 810-48



### Последствия одиночных отказов элементов АСУТП

Номера одиночных отказавших элементов АСУТП	Описание функции, реализация которой становится невозможной, вследствие отказа элемента	
47, 48	F-1	Представление информации об уровне, температуре и давлении в резервуаре от системы ENRAF
56, 57	F-2	Представление информации о состоянии подшипников от системы SPM
27, 23	F-3	Представление информации на выкиде насосов или трубопроводов
28, 24	F-4	Представление информации о температуре в трубопроводах
<b>30, 26</b>	F-5	Представление информации о расходе воды в трубопроводах
438, 440	F-6	Представление информации о загазованности
36, <b>35</b> , 29, 25	F-7	Регулирование давления в трубопроводах
37, <b>35</b> , <b>30</b> , <b>26</b>	F-8	Регулирование расхода нефтепродуктов
42, 41, 38*3, 39*3, 40	F-9	Дистанционное управление задвижкой
238, 242, 239, 241, 240	F-10	Дистанционное управление насосом
421, 411, 381, 391, 401	F-11	Автоматическое включение вентиляции
151*3, 150, 143	F-12	ПАЗ от повышения уровня нефтепродуктов в резервуаре с резервированием от системы ENRAF
204, 203, 197	F-13	ПАЗ от повышения уровня нефтепродуктов в резервуаре с дублированием датчика FSL-400
175, 174, 173, 172, 171	F-14	Аварийное отключение насоса по низкому уровню на всасе и давлению на выкиде
188, 187, 186, 184	F-15	Автоматическое отключение обогревателей в емкости нефтепродуктов
213, 219, 218, 215*2, 214*2, 212, 211	F-16	Автоматическое включение резервного насоса

Анализ этой таблицы показал:

- a) одиночные отказы 60 из общего списка 180 элементов системы (33.3%) приводят к отказу только одной главной функции АСУТП;
- b) одиночные отказы только трех элементов (1.67%) вызывают одновременный отказ двух функций АСУТП:
  - отказ элемента 30 или 26 вызывает отказ функций и F-5 и F-8;
  - отказ элемента 35 вызывает отказ функций и F-7 и F-8;

В конце отчета формулируются выводы. Ниже приведен пример выводов из проектной оценки надежности АСУТП насосной 910-45 цеха №3 ООО «ПО «Киришинефтеоргсинтез»

- a) В соответствии с техническим заданием, для обеспечения необходимого уровня оперативности и надежности контроля в АСУТП реализовано 100%-е резервирова-

ние АРМов оператора-технолога и каналов их связи с PLC посредством сети "кольцевого типа".

- b) АСУТП укомплектовано современными надежными и долговечными компонентами со средним сроком службы не менее 10 лет.
- c) Реализовано полное поэлементное нагруженное резервирование (дублирование) блоков питания контроллеров и периферийных устройств.
- d) Выполнен полный проектный расчет надежности АСУТП по каждой из 18 основных функций, с предоставлением подробных структурных схем, математических моделей и результатов вычислений.
- e) По показателю готовности (вероятность того, что в любой момент времени объект работоспособен) надежность всех функций АСУТП не ниже 0.9999.
- f) Средние нижняя (без восстановления) и верхняя (с восстановлением) оценки безотказности за год работы для функций ПАЗ (F-11 – F-16) составили 0.89 ~ 0.91, а для других функций 0.76 ~ 0.93.
- g) Реализованные в ходе проектирования решения позволили практически полностью исключить опасность множественных отказов главных функций АСУТП из-за одиночных отказов (разрушений) элементов.

Выполненный проектный расчет надежности позволяют считать полученные уровни надежности и отказоустойчивости реализаций главных функций АСУТП достаточными.

### **Разработка Стандарта Предприятия:**

Полученный опыт позволил приступить к разработке стандарта предприятия (СТП) "Методика автоматизированного структурно-логического моделирования и расчета надежности проектируемых объектов". Для обеспечения высокого качества проектных расчетов надежности СТП предусматривает организационное объединение работы специалистов проектного и исследовательского отделов СПИК СЗМА. На специалистов проектных отделов возлагается общая постановка задачи расчета надежности, описание и подготовка вариантов СФЦ, определение исходных параметров надежности элементов. Специалисты НИО выполняют окончательное построение СФЦ, ввод исходных данных в ПК АСМ, автоматизированное моделирование и расчеты показателей надежности и безопасности системы. Анализ результатов оценки надежности, выработка и обоснование проектных решений, и составление отчетной документации осуществляется указанными специалистами совместно. В настоящее время, на основе ОЛВМ автоматизированы процессы построения всех основных видов структурных моделей устойчивости систем - аналитических, марковских, статистических и сетевых.

