

МЕТОД ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО ОБОСНОВАНИЯ ПРОЕКТНЫХ РЕШЕНИЙ АСУТП С УЧЕТОМ НАДЕЖНОСТИ И СТОИМОСТИ

Скворцов Михаил Сергеевич

ОАО "Специализированная инжиниринговая компания СЕВЗАПМОНТАЖАВТОМАТИКА"
Mikhail_Skvortsov@szma.com

Аннотация

Рассматриваются подходы и методы к решению задачи технико-экономического обоснования надежности проектируемых АСУТП, пути их реализации в программном комплексе автоматизированного структурно-логического моделирования (ПК АСМ СЗМА). Приводится пример определения оптимального по критерию затрат варианта построения АСУТП.

В настоящее время одним из главных требований, предъявляемых к разрабатываемым *автоматизированным системам управления технологическими процессами* (АСУТП), является их надежность. С одной стороны, опасность больших материальных потерь, в результате отказов АСУТП, заставляет стремиться к повышению надежности. С другой стороны, в условиях ограниченных материальных ресурсов и потребности эффективного их использования, актуальной становится задача технико-экономического обоснования разрабатываемого проектного решения. Постоянно растущая структурная сложность АСУТП высокотехнологических производств, делают непреодолимым "вручную" перебор множества вариантов структурного анализа их надежности для оптимизации затрат при выработке и обосновании проектных решений. Поэтому необходимой становится разработка таких методов, которые позволят автоматизировать процессы *технико-экономического обоснования* (ТЭО) затрат на обеспечение требуемого уровня надежности проектируемых АСУТП большой размерности и высокой структурной сложности.

Основные составляющие системы ТЭО надежности АСУТП при выполнении проектных работ приведены на рис. 1. Анализ этой системы позволил определить подходы и методы автоматизированного аналитического решения задачи ТЭО. При этом если сам процесс проектирования регламентирован действующими нормативными и техническими документами, то предлагаемые работы по ТЭО, в настоящее время документально не регламентированы.

При разработке рассматриваемого в данной статье метода ТЭО за основу была взята подсистема правил, приемов и методов экономического анализа при проектировании, (см. рис.1 п.4). Существуют два подхода к управлению надежностью в процессе проектирования. Первый из них состоит в оптимизации затрат ("Design to cost"), то есть нахождении варианта построения АСУТП, обладающего максимальными показателями надежности при заданном ограничении на стоимость проекта. Второй подход заключается в минимизации затрат, то есть нахождении варианта построения АСУТП, обладающего минимальной стоимостью, при реализации заданных требований по надежности. Этот подход характерен для опасных производств и производств с непрерывным технологическим процессом.



Рис.1 Система технико-экономического обоснования надежности при выполнении проектных работ

Выбор показателя надежности должен осуществляться по принципу его соответствия главному функциональному назначению АСУТП. Например, при проектировании АСУТП пожаротушения наиболее важным является обеспечение высокого коэффициента готовности и малого времени восстановления системы, так как вероятность одновременного отказа системы и возникновения пожара очень мала. Для АСУТП технологических установок с непрерывным процессом наиболее важным является другой показатель надежности – средняя наработка на отказ.

Основные положения разработанного метода технико-экономического обоснования рассмотрим на примере построения системы управления и противоаварийной защиты насоса. Положим, что в проектируемую систему управления насоса должны поступать следующие сигналы о состоянии насоса – сигнализация работы, температура обмотки двигателя; возможность дистанционного запуска и останова насоса. Системе управления должна обеспечить автоматическое отключение насоса при превышении температуры обмоток двигателя заданного значения. Выбор проектного решения, на разработку данной системы управления, необходимо осуществить исходя их требования, что вероятность ее безотказной работы в течение года должна быть не менее 0,9.

Этап 1. Построение структурной схемы АСУТП

На данном этапе, исходя из технологических и функциональных требований к АСУТП, осуществляется построение обобщенной структурной схемы комплекса технических средств АСУТП, с выделением отдельных подсистем. В рассматриваемом примере полагаем, что обобщенная функциональная схема системы управления (СУ) насосом имеет следующий вид.

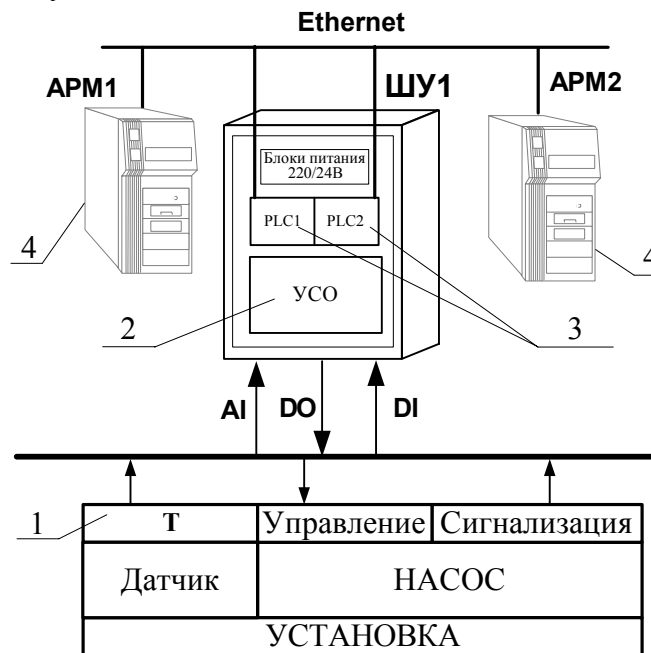


Рис.2. Функциональная схема системы управления насосом

На схеме выделены следующие подсистемы:

- 1 – оборудование КИПиА (датчик температуры);
- 2 – модули удаленной связи с объектом (УСО);
- 3 – контроллер;
- 4 – автоматизированное рабочее место (АРМ) оператора.

Этап 2. Определение вариантов реализаций подсистем АСУТП

На данном этапе производится подготовка данных о множестве различных вариантах реализации АСУТП, исходя из ресурсных возможностей проекта. Из базы данных комплектующих проекта, для каждой подсистемы разрабатываемой АСУТП выбираются (с учетом технического назначения) допустимые к применению различные элементы и оборудование КИПиА. В рассматриваемом примере (см. рис.2) выделены четыре последовательно соединенные подсистемы, образующие разрабатываемую систему управления насосом. Полагаем, то для каждой из этих подсистем определены несколько вариантов возможной их комплектации различным оборудованием. Схема вариантов комплектации СУ насосом приведена на рис.3.

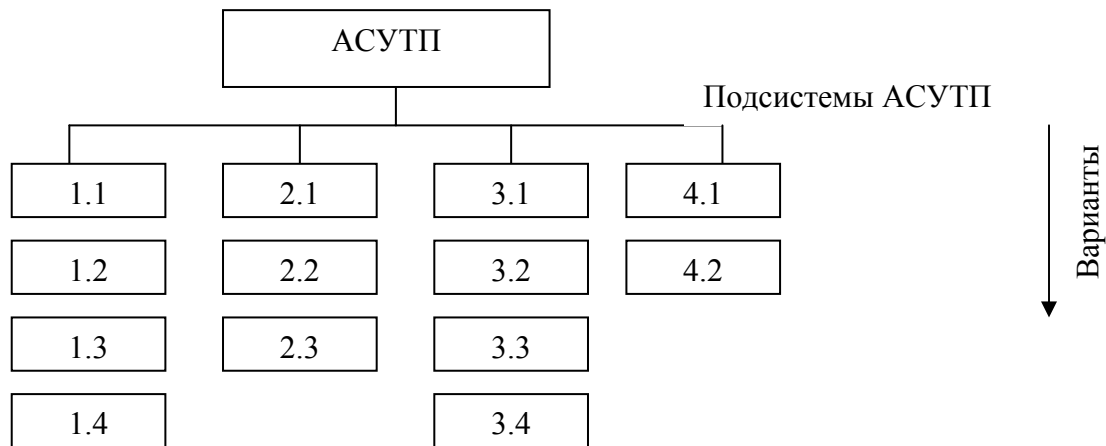


Рис.3. Схема вариантов комплектации подсистем СУ насосом

Расшифровка обозначений вариантов подсистем АСУТП приведена в таблице 1.

Таблица 1. Характеристики подсистем АСУТП

Оборудование КИПиА	Модули УСО	Контроллер	АРМ оператора
1.1 Датчик фирмы 1 С = 50, То = 5,7	2.1 Модули УСО фирмы 1 С = 400, То = 7	3.1 Контроллер фирмы 1, модель 1 С= 1500, То = 12	4.1 Станция оператора фирмы 1 С= 1500, То = 3
1.2 Резервированный датчик фирмы 1 С = 120, То = 8,55	2.2 Резервированные модули УСО фирмы 1 С = 800, То = 14,5	3.2 Контроллер фирмы 1 модель 2 С= 3800, То = 16	4.2 Резервированная станция оператора фирмы 1 С= 3000, То = 4,5
1.3 Датчик фирмы 2 С = 100, То = 7	2.3 Резервированные модули УСО фирмы 2 С = 1100, То = 30	3.3 Резервированный контроллер фирмы 1 модель 2 С= 9000, То = 28	
1.4 Резервированный датчик фирмы 2 С = 240, То = 10,5		3.4 Резервированный контроллер фирмы 2, модель 1 С= 12000, То = 40	

В общем случае определить прямым перебором количество возможных вариантов построения системы, воспользовавшись теорией размещений, в данной задаче нельзя, так выбор варианта комплектации одной подсистемы, может ограничить выбор вариантов комплектации других подсистем разрабатываемой АСУТП. Это определяется ограничениями взаимной совместимости комплектующих различных подсистем.

В таблице 1 приведены значения параметров "Ci" стоимости и параметров "Toi" средней наработки до отказа комплектующих элементов для каждого из вариантов технической реализации подсистем рассматриваемой СУ насосом.

Этап 3. Разработка структурной модели вариантов построения проектируемой системы

На этом этапе осуществляется разработка структурной модели вариантов построения проектируемой системы с помощью аппарата схем функциональной целостности (СФЦ) общего логико-вероятностного метода и программных комплексов автоматизированного моделирования систем [5, 6]. Особенность применения аппарата СФЦ в данной задаче состоит в том, что для представления различных вариантов комплектации подсистем допускается использование только дизъюнктивных ребер (дуг заканчивающихся стрелками). Такая альтернативная СФЦ рассматриваемой СУ насосом изображена на рис.4.

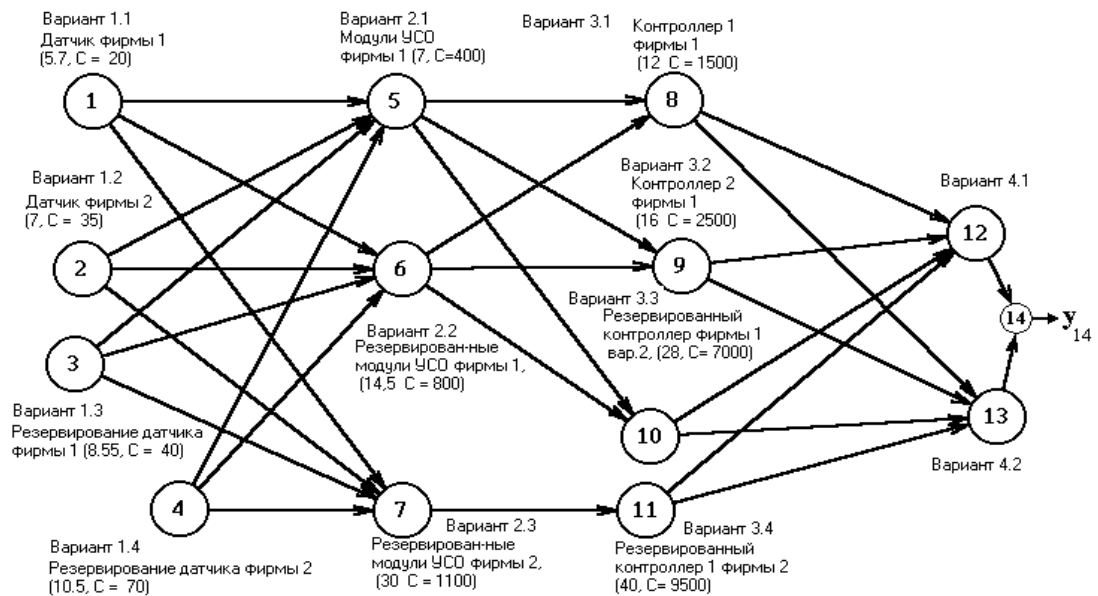


Рис.4 СФЦ вариантов построения СУ насосом

При построении альтернативной СФЦ в качестве заходящих в вершину i указываются дуги тех элементов, которые по техническим условиям способны обеспечить работу данного элемента i системы. Условие реализацией системой ее функционального назначения определяется логическим критерием функционирования (ЛКФ). Критерием функционирования СУ насосом является реализация выходной функции y_{14} .

Этап-4. Построение подсистем АСУТП и расчет их характеристик

На этом этапе осуществляется построение СФЦ подсистем АСУТП на основе механизма структурной декомпозиции, реализованного в ПК АСМ СЗМА. Этот механизм позволяет с помощью эквивалентированных вершин представлять структуры соответствующих подсистем. При создании СФЦ подсистем можно использовать все

возможности основного аппарата алгебры логики в функционально полном базисе операций “И”, “ИЛИ”, “НЕ”. На данном этапе предлагаемый метод ТЭО предусматривает расчет показателей надежности и стоимости для каждой эквивалентированной вершины, содержащей в себе СФЦ варианта построения подсистемы АСУТП. Показатели надежности определяется на основе автоматизированного логико-вероятностного моделирования, а стоимость вычисляется как сумма стоимостей элементов, входящих в подсистему. После выполнения этого этапа значения стоимости и параметров надежности определены для каждой вершины СФЦ всех вариантов построения комплектации подсистем.

Этап 5. Нахождение вариантов построения системы

Любой путь функционирования АСУТП, определяемый ее СФЦ (см. например рис.4) представляет собой один из вариантов построения проектируемой системы. Используя ПК АСМ СЗМА, найдем эти пути функционирования СУ насоса. Каждый такой путь представляет собой отдельную конъюнкцию дизъюнктивной нормальной формы логической функции работоспособности системы. Для заданного критерия y_{14} по СФЦ на рис.4 с помощью ПК АСМ СЗМА определены 56 возможных вариантов построения СУ насосом (в каждый вариант входит 4 подсистемы). Сформулированные выше правила позволяют рассчитать показатели надежности (вероятность безотказной работы) и стоимость каждого варианта проекта. На основе этих данных строится монотонно возрастающая дискретная зависимость вероятности безотказной работы проекта от его стоимости. При этом варианты проекта, которые не удовлетворяют условию монотонного возрастания стоимости отбрасываются. В табл.2 приведены результаты автоматизированного моделирования и расчетов, а на рис.5 – график зависимости надежности от стоимости вариантов комплектации СУ насосом.

Таблица 2.

Результаты расчетов вероятности безотказной работы и стоимости СУ насосом

№ вар	Номера вершин (подсистем)	Стоимость	Вероятность безотказной работы
5	1 5 8 12	3450	0,8455232
7	3 5 8 12	3500	0,8568879
9	1 6 8 12	3850	0,8599084
11	3 6 8 12	3900	0,8714665
12	4 6 8 12	4040	0,8757989
35	3 5 8 13	5000	0,8789034
28	4 6 9 12	5040	0,8799745
36	4 5 8 13	5140	0,8832728
39	3 6 8 13	5400	0,8938565
40	4 6 8 13	5540	0,8983002
56	4 6 9 13	6540	0,9025831
47	3 6 10 13	10900	0,9036274
48	4 6 10 13	11040	0,9081197
31	3 7 11 13	13700	0,9132398
32	4 7 11 13	13840	0,9177799



Рис.5. График зависимости надежности от стоимости комплектации СУ насосом

Из анализа зависимости вероятности безотказной работы от стоимости системы видно, что оптимальным с экономической точки зрения при требовании обеспечения вероятности безотказной работы не менее 0,9 является вариант 56 ($C=6540$, $P=0,9025831$). Также очевидно, что использование более дорогих вариантов оправдано лишь в том случае если необходимо обеспечить большую надежность и безопасность системы. Дальнейшее увеличение надежности системы приводит к очень сильному росту стоимости (производная зависимости $C(P)$ близка к 0).

Список литературы

1. ГОСТ Р 51901-2002. Управление надежностью. Анализ риска технологических систем. М.: Издательство стандартов, 2002. – 22с.
2. РД 03-418-01. Методические указания по проведению анализа риска опасных производственных объектов. Госгортехнадзор России, 2001. // Безопасность труда в промышленности. – 2001. - №10. – с. 40-50.
3. Нозик А.А. Технология автоматизированного структурно-логического моделирования в проектных расчетах надежности систем. // Труды второй международной научной школы «Моделирование и анализ безопасности и риска в сложных системах». МА БР – 2002. СПб.: Издательство «Бизнес-Пресса», 2002, с. 337-344.
4. Рябинин И.А. Надежность и безопасность сложных систем. // СПб.: Политехника, 2000. – 248 с.
5. Можаяев А.С. Общий логико-вероятностный метод анализа надежности сложных систем. Уч. пос. Л.: ВМА, 1988 – 68с.
6. Можаяев А.С. Программный комплекс автоматизированного структурно-логического моделирования сложных систем (ПК АСМ 2001). // Труды Международной Научной Школа «Моделирование и анализ безопасности, риска и качества в сложных системах» (МА БРК–2001). СПб.: Издательство ООО «НПО «Омега», 2001, с.56-61.