**Лабораторная работа №5**

**Структурный анализ систем управления**

* 1. **Цель работы**

Освоение методики структурного анализа систем управления

**1.2 Теоретические сведения**

Цели анализасистемы управления:

1) детальное изучение системы управления для более эффективного использования и принятия решения по ее дальнейшему совершенствованию или замене;

2) исследование альтернативных вариантов вновь создаваемой системы управления с целью выбора наилучшего варианта.

К задачам анализасистемы управления относятся:

• определение объекта анализа;

• структурирование системы:

• определение функциональных особенностей системы управления;

• исследование информационных характеристик системы;

• определение количественных и качественных показателей системы управления;

• оценка эффективности системы управления;

• обобщение и оформление результатов анализа.

Кратко рассмотрим содержание системного анализа - структурирование системы.

Изучаемые, создаваемые и проектируемые внастоящее время системы характеризируются исключительной сложностью. Сложность системы определяется большим числом элементов и выполняемых ими функций, высокой степенью взаимодействия элементов, сложностью алгоритмов выбора тех или иных управляющих воздействий и большими объемами перерабатываемой при этом информации.

Одними из основных черт систем управления считаются иерархичность и сложные структурные и функциональные взаимоотношения между элементами системы.

В зависимости от задачи исследования в понятие структуры системы управления включаются различные вопросы. Так, в автоматизированной системе управления отраслью под структурой понимается определение множества узлов системы и связей между ними, распределение задач, возлагаемых на технические средства АСУ, по уровням и узлам системы и выбор комплекса технических средств, обеспечивающих их эффективное решение.

Под структурой управления технологическими процессами в АСУ понимается схема, задающая, во-первых, распределение технологических процессов комплекса по подсистемам различных уровней, с подчинением подсистем данного уровня подсистемам вышестоящего уровня; во-вторых, распределение функций управления и соответствующих им алгоритмов по подсистемам. Распределение первого вида представляет собой производственную структуру комплекса, распределение второго рода - функциональную структуру управляющего органа. Оба аспекта взаимосвязаны и обоснование структуры предполагает их разработку с учетом этих взаимосвязей.

Под структурой *производственной организации* понимается устойчивое пространственно-временное распределение хозяйственных решений и обеспечивающих их реализацию ресурсов с соответствующими взаимосвязями.

Под структурой *организационной системы* подразумевается форма распределения задач и полномочий по принятию решений между лицами или группами лиц (структурными подразделениями), составляющими организационную систему (организацию), направленную на достижение стоящих перед ней целей.

*Целью* структурирования является детальное изучение системы управления, установление связей и отношений между ее элементами. Различные варианты структур анализируемой системы позволяют определить характеристики и отдельные частные недостатки выделенных элементов и связей между ними и наметить пути их устранения.

*Под задачей анализа структуры* понимается определение основных характеристик системы при некоторой выбранной (фиксированной) структуре.

Основные характеристики структуры системы могут быть разбиты на две группы. К первой относятся характеристики, связанные с иерархичностью систем: число подсистем рассматриваемой системы, характер взаимосвязей между уровнями (подсистемами), степень централизации и децентрализации в управлении, признаки разбиения системы на подсистемы. Ко второй - эффективность (в широком смысле) функционирования системы той или иной структуры: эффективность (стоимостная), надежность, живучесть, быстродействие и пропускная способность, способность к перестройке и др.

В результате решения данной задачи определяются обобщенные показатели, характеризующие свойства анализируемой системы и ее отдельных элементов.

Рассмотрим пример анализа структурных характеристик системы управления качеством производственного объединения «Полированное стекло» ОАО «Эй Джи Си Борский стекольный завод». Диаграмма системы управления приведена на рис.1.1 [1].

С использованием методики, описанной в [2] оценим процессы и взаимодействие процессов, а также структурные характеристики системы управления качеством стекла в целом.

1) строится матрица смежности *Bc* для системы. Для отображения связи системы с внешним окружением в построенную матрицу смежности добавляются нулевая строка и нулевой столбец. В образовавшиеся ячейки вносятся связи процессов системы с внешней средой, т.е. отображается интерфейс с внешним окружением. Таким образом, получают матрицу смежности *Bc* (1.1)*:*

Рисунок 1.1 Диаграмма системы управления качеством «как должно быть»

ПО «Полированное стекло»

Представитель

руководства по

СМК

ГОСТ Р ИСО 9001-2001

Ресурсы

Ответственные за

функционирование

СМК

Подразделения-

исполнители

Рез-ты

анализа

руководства

Сторонние

организации

Стратегическая

информация

Информация о

качестве

Качественная

продукция

Финансовые

ресурсы

Документы

претензионного

характера

Человеческие

ресурсы

Информация от сторонних

организаций

Воздействие на

сторонние

организации

Высшее

руководство

Материальные

ресурсы

Документы

СМК

Информация

о текущем

состоянии

системы

Руководящие

указания

Внешние

документы

Определения

ресурсов,

планы

развития

Требования к

продукции

1

Осуществлять

менеджмент

ресурсов

2

Реализовывать

ответственность

руководства

3

Управлять

документацией

4

Реализовывать

процессы ЖЦ

продукции

5

Измерять,

анализировать

и улучшать

Записи

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 1  *Bc=* | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0  (1.1) |
| 2 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| 3 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 |
| 4 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| 5 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 |

2) устанавливается наличие обрывов в структуре и «висящие» процессы по выполнению следующих неравенств:



соответствует обрыву

*j*-го процесса, (1.2)

соответствует «висящему»

*i*-му процессу.

где *uij*=1 при наличии связи между процессами *i и j*, в противном случае равно 0.

Таблица 1.1

Проверка наличия обрывов и висящих процессов в системе

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| *j* | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| *Sum uij* | 3 | 4 | 3 | 4 | 4 | 4 |
| *i* | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| *Sum uij* | 5 | 2 | 4 | 4 | 4 | 3 |

Проверка по (1.2) показала отсутствие в структуре системы, приведенной на рис.1.1, обрывов и висящих процессов (см. табл.1.1). В случае выявления, устраняются выявленные обрывы и «висящие» процессы в структуре анализируемой системы.

3) оценивается взаимодействие процессов и проверяется наличие внешних и внутренних контуров в системе. Для этих целей возводится в степень *ξ* матрица смежности *Bc*. Степень *ξ* увеличивают, пока матрица (*Bc)ξ* будет иметь не нулевые элементов на главной диагонали. Элементы вычисленных матриц (*Bc)ξ - (ui,j)ξ*, полученные возведением в степень *ξ* матрицы смежности *Bc* , несут информацию о числе различных путей длины *ξ*, идущих от процесса *i* к процессу *j*.

Эта информация важна для анализа взаимодействия и последовательности выполнения процессов в системе.

Элемент, стоящий на главной диагонали матрицы (1.3) *ui,i*  определяет число контуров длины *ξ*, связанных с процессом *ui*. Выявленные контуры отражают процесс управления качеством продукции. Три внешних контура длиной в две дуги *u0,0=*3 , анализирует удовлетворенность клиентов качеством продукции и связаны с выработкой корректирующих действий, направленных на более полное удовлетворение запросов и обеспечение конкурентоспособности продукции на рынке. Внутренние контуры отражают управление качеством продукции в процессе ее производства. Так, процесс 4 – «Реализовать процессы ЖЦ продукции» охвачен четырьмя контурами длиною в две дуги, *u4,4=*4.

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 3 | 3 | 2 | 3 | 3 | 3 |
| 1  *Bc2=* | 2 | 1 | 1 | 1 | 2  (1.3) |
| 1 | 2 | 3 | 2 | 4 | 2 |
| 3 | 2 | 1 | 3 | 2 | 2 |
| 1 | 2 | 3 | 2 | 4 | 2 |
| 2 | 3 | 1 | 3 | 1 | 3 |

4) вычисляется количественная характеристика непрерывности связей процессов в их множестве, характеризующая связность структуры системы. Для ориентированного графа связность всех (*к*+1) элементов соответствует выполнению условия:

 (1.4)

Превышение общего числа связей между процессами над минимально необходимым количеством ((*k+*1)*–*1) характеризует структурную избыточность, которая вычисляется по формуле:

 (1.5)

По расчетной величине (1.5) оценивается надежность системы. Система с большей избыточностью (*R ›* 0) потенциально более надежна.

Расчетное значение структурной избыточности анализируемой системы (рис. 1.1) равно *R*=1,2. Полученный результат характеризует систему как достаточно надежную.

5) Для оценки распределения связей (данных) между процессами строится матрица с взвешенными дугами (1.6).

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 0 |  | 2 | 3 | 2 | 1 | 3 |
| 1  *Bc\*=* |  |  |  | 1 | 1 | (1.6) |
| 2 | 1 | 1 |  | 2 |  | 2 |
| 3 |  | 1 | 1 |  | 1 | 1 |
| 4 | 2 | 1 |  | 1 |  | 1 |
| 5 | 2 |  | 2 |  | 1 |  |

Для оценки связи процессов в системе подсчитываетсяколичество дуг *ρi*, связанных с *i-*мпроцессом (суммарное количество входящих в процесс и выходящих из нее дуг). Расчетные данные приведены в таблице 1.2.

Таблица 1.2

Оценка связности процессов

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Процессы | Входящие дуги | Выходящие дуги | Сумма дуг |
|  |  |  |  |
| 0 | 5 | 11 | 16 |
| 1 | 5 | 2 | 7 |
| 2 | 6 | 6 | 12 |
| 3 | 6 | 4 | 10 |
| 4 | 4 | 5 | 9 |
| 5 | 7 | 5 | 12 |
| Итого: | 33 | 33 | 66 |

Полученные значения *ρi* позволяют ранжировать процессы по степени убывания связи с другими процессами в системе (табл.1.3). Наиболее сильную связь имеют процессы 2- «Реализовать ответственность руководства» и 5-«Измерять, анализировать и улучшать». Качество функционирования этих процессов во многом определяет эффективность работы системы управления качеством. Эта информация может использоваться при распределении ресурсов для достижения целей при разработке системы.

Таблица 1.3

Показатели степени связи процессов в системе управления качеством

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Процесс | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| *ρi* | 16 | 7 | 12 | 10 | 9 | 12 |
| Ранг процесса | 1 | 6 | 2,3 | 4 | 5 | 2,3 |

В случае равномерной связи процессов связность должна равняться:

*ρ*ср = 66/6 = 11

Значение средней степени вершины *ρ*ср является завышенным прежде всего из-за влияния очень большого значения действительной степеней 0-ой вершины (*«Внешней среды»*), тесно связанной с остальными *ρ*0=16 (табл.1.4).

Неравномерность распределения связей между процессами, характеризуется квадратичным отклонением фактического распределения от равномерного *ρс*р:

*σ2* = ∑(ρ*i* - *ρ*ср)2 = 48.

Полученный результатхарактеризует значительную неравномерность связей между процессами в анализируемой системе.

6) Структурная компактность системы Q отражает близость процессов в системе, которая оценивается через минимальную длину пути. Минимальная длина пути (минимальное количество дуг между процессами) определяется по данным матрицы смежности в первой, второй и т.д. в ξ – ой степени. В табл.1.4 приведены минимальные длины путей между процессами, полученные из матриц (1.1) и (1.3).

Таблица 1.4

Минимальная длина пути *dij* между процессами

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Процессы | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | *Sum dij* | *Zi* |
| 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 5 | 5,30 |
| 1 | 2 | 0 | 2 | 1 | 1 | 2 | 9 | 2,94 |
| 2 | 1 | 1 | 0 | 1 | 2 | 1 | 8 | 3,31 |
| 3 | 2 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 9 | 2,94 |
| 4 | 1 | 1 | 2 | 1 | 0 | 1 | 10 | 2,65 |
| 5 | 1 | 2 | 1 | 2 | 1 | 0 | 12 | 2,21 |
|  |  |  |  |  |  | Q= | 53 |  |

Общая структурная близость процессов в системе рассчитывается по формуле:

 (1.7)

где *di,j –* минимальная длина пути между процессами *i и j* в системе рис. 1.1.

Для количественной оценки структурной компактности системы используют относительный показатель *Q*отн, который рассчитывается по формуле:

 (1.8)

Приведем расчеты по формулам (1.8) для Q=53, k=5:

Qmin = (5+1)\*5/2 = 15, *Q*отн = 53/15-1 = 2,53

Расчеты показывают невысокую компактность структуры системы управления качеством *Q*отн=2,53.

Величины *dij*  характеризуют инерционность каналов связи между процессами в системе. Так, например, прослеживается наиболее инерционная связь процесса 1 с процессами 2 и 5 длиною в две дуги и менее инерционная связь этого же процесса с процессами 3 и 4 длиною в одну дугу.

7) Для количественной оценки степени централизации процессов δ в структуре системы используют понятие индекса центральности, который рассчитывается по следующей формуле:

 (1.9)

Расчетные значения *Zi* для процессов приведены в табл. 1.5, где максимальное значение равно *Zmax=*5,3. При этом индекс центральности будет равным:

δ = 5(2\*5,3-(5+1)/(5,3((5+1)-2)=1,08.

Для структуры с максимальной степенью централизации *δ*=1, а структуры с равномерным распределением данных по процессам имеют *δ*=0.

Степень централизации процессов в структуре анализируемой системы равен *δ*=1,08, что указывает на высокую степень централизации процессов и использование в системе централизованных принципов управления.

* 1. **Задание к лабораторной работе**
  2. Получить индивидуальное задание у преподавателя для анализа структурных свойств организационной системы.
  3. Построить матрицу смежности *Bc* для системы. Для отображения связи системы с внешним окружением в построенную матрицу смежности добавить нулевую строку и нулевой столбец.
  4. Проверить наличие обрывов в структуре и «висящие» процессы. В случае обнаружения скорректировать матрицу смежности.
  5. Оценить взаимодействие процессов, выявить внешние и внутренние контуры в системе.
  6. Вычислить количественную характеристику непрерывности связей процессов в их множестве, характеризующую связность структуры системы. По структурной избыточности оценить надежность системы.
  7. Для оценки распределения связей (данных) между процессами построить матрицу *Bc\** с взвешенными дугами.
  8. Оценить связность процессов в системе, подсчитавколичество дуг *ρi*, связанных с *i-*мпроцессом (суммарное количество входящих в процесс и выходящих из нее дуг). Рассчитать оценку неравномерности распределения связей между процессами.
  9. Определить структурная компактность системы, отражающую близость процессов в системе.
  10. Оценить степень централизации процессов в структуре системы рассчитав показатель индекса центральности.
  11. Сделать выводы по результатам анализа системы управления, установленным связям и отношениями между ее элементами. Определить характеристики и отдельные недостатки выделенных элементов и связей между ними, наметить пути их устранения.

**1.4 Порядок выполнения лабораторной работы**

1) Ознакомиться с методикой структурного анализа систем управления изучив теоретические сведения, описанные в разделе 1.2 или в монографии [2].

2) Изучить диаграмму (процессную модель) анализируемой системы в соответствии с индивидуальным заданием.

3) Построить матрицу смежностей и матрицу с взвешенными дугами анализируемой системы.

4) Провести структурный анализ изучаемой системы управления в объеме, указанном в задании п.1.3 к лабораторной работе.

5) Сделать выводы по результатам проведенного анализа. Определить характеристики и отдельные недостатки выделенных элементов и связей между ними, наметить пути их устранения.

**1.5 Содержание отчета**

Отчет должен содержать результаты выполнения всех пунктов задания п.1.3 к лабораторной работе в текстовой форме, в виде матриц, табличных данных и результатов расчета.

* 1. **Вопросы для самоконтроля**

1. Анализ и моделирование сложных систем. В чем содержание методологии структурного анализа систем?
2. Перечислите задачи анализасистемы управления, их назначение.
3. Какие вопросы включаются в понятия структуры системы управления корпорациями и системы управления технологическими процессами в АСУ предприятия?
4. Что понимается под структурой производственной организации и структурой организационной системы?
5. Что является целью структурирования системы управления?
6. На какие две основные группы могут быть разбиты характеристики структуры системы?
7. Как оценивается взаимодействие элементов в системе и проверяется наличие контуров обратной связи?
8. Что понимается под надежностью структуры системы и как она оценивается?
9. Что понимается под структурной компактностью системы, что она означает и как оценивается?
10. Что означает степень централизации элементов в структуре и как она оценивается?
    1. **Список рекомендуемой литературы**
11. Хорошева Е.Р. Теоретические основы построения интегрированных систем управления промышленных предприятий / диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук. Владимир, 2007.
12. Никифоров А.Д. Управление качеством, М.:ДРОФА, 2004.- 720 с.
13. Информационные технологии в управлении качеством автомобильного стекла: учеб. пособие / Р.И. Макаров [и др.]; Владим. гос. ун-т. –Владимир: Изд-во Владим. гос. ун-та, 2010. -276 с.
    1. **Варианты заданий к лабораторной работе**

***Вариант задания* 1***.* Провести анализ структуры системы управления качеством автомобильного стекла. Описание процессной модели системы приведено в учебном пособии [3, стр.48-51, рис.2.4].

***Вариант задания* 2***.* Провести анализ структуры системы управления качеством автомобильного стекла, макропроцесса «Реализовать процессы жизненного цикла продукции». Описание процессной модели приведено в учебном пособии [3, стр.51-56, рис.2.5].

***Вариант задания* 3***.* Провести анализ структуры системы управления качеством автомобильного стекла, макропроцесса «Производить и обслуживать». Описание процессной модели приведено в учебном пособии [4, стр.57-59, рис.2.7].

***Вариант задания* 4***.* Провести анализ структуры системы управления охраной окружающей среды в производстве автомобильного стекла. Описание процессной модели приведено в учебном пособии [3, стр.66-71, рис.2.9].

***Вариант задания* 5***.* Провести анализ структуры системы управления охраной окружающей среды в производстве автомобильного стекла, макропроцесса «Реализовать ответственность руководства». Описание процессной модели приведено в учебном пособии [3, стр.71-73, рис.2.10].

***Вариант задания* 6***.* Провести анализ структуры системы управления профессиональной безопасностью и охраной труда в производстве автомобильного стекла. Описание процессной модели приведено в учебном пособии [3, стр.83-84, рис.2.13].

***Вариант задания* 7***.* Провести анализ структуры системы управления профессиональной безопасностью и охраной труда, макропроцесса «Определять политику в области охраны труда» в производстве автомобильного стекла. Описание процессной модели приведено в учебном пособии [3, стр.85-88, рис.2.14].

***Вариант задания* 8***.* Провести анализ структуры интегрированной системы менеджмента в производстве автомобильного стекла. Описание процессной модели приведено в учебном пособии [3, стр.103-104, рис.2.18].

***Вариант задания* 9***.* Провести анализ структуры интегрированной системы менеджмента, макропроцесса «Измерять, анализировать, улучшать» в производстве автомобильного стекла. Описание процессной модели приведено в учебном пособии [3, стр.114-117, рис.2.23].