

**Московский государственный университет экономики,
статистики и информатики
Московский международный институт эконометрики,
информатики, финансов и права**

КОВАЛЕВСКАЯ Е.В.

**МЕТРОЛОГИЯ, КАЧЕСТВО И
СЕРТИФИКАЦИЯ
ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ**

Москва 2002

Ковалевская Е.В Метрология, качество и сертификация программного обеспечения: / Московский международный институт эконометрики, информатики, финансов и права. – М., 2002. – 69 с.

© Ковалевская Е.В, 2002

© Московский международный институт эконометрики,
информатики, финансов и права, 2002

Метрология



Метрология – это наука об измерениях, методах, средствах обеспечения их единства и способах достижения требуемой точности.

Предметом метрологии является извлечение количественной информации о свойствах объектов и процессов с заданной точностью и достоверностью.

Средства метрологии – это совокупность средств измерений и метрологических стандартов, обеспечивающих их рациональное использование.

Измерение – это нахождение значения физической величины опытным путем с помощью специальных технических средств.

Ранжирование – это распределение величин по возрастающим или убывающим показателям, характеризующим те или иные свойства этой величины.

Метрологическое обеспечение – это установление и применение научных и организационных основ, технических средств, правил и норм, необходимых для достижения единства и требуемой точности измерений.

Критерии качества комплексов программ



Критерии качества представляют собой измеряемые численные показатели в виде некоторой целевой функции, характеризующие степень выполнения программами своего назначения.

Специалисты стремятся каждый раз выделить некоторый превалирующий показатель для оценки качества системы, к которому предъявляются следующие основные требования:

- критерий должен численно характеризовать степень выполнения основной целевой функции системы, наиболее важной для данного этапа анализа или синтеза;
- критерий должен обеспечивать возможность определения затрат, необходимых для достижения его различных значений, а также степени влияния на показатель качества различных внешних факторов и параметров;
- критерий должен быть по возможности простым по содержанию, хорошо измеряемым и иметь малую дисперсию, т. е. слабо зависеть от множества неконтролируемых факторов.

Применение метрик — числовых оценок параметров к комплексам программ позволяет упорядочить их разработку, испытания, эксплуатацию и сопровождение.

Функциональные критерии отражают основную специфику применения и степень соответствия программ их целевому назначению.

Конструктивные критерии качества программ достаточно инвариантны к их целевому назначению и основным функциям. К ним относятся сложность программ, надежность функционирования, используемые ресурсы ЭВМ, корректность и т.д. В свою очередь конструктивные характеристики комплексов программ целесообразно разделить на **основные критерии (показатели)** качества и факторы или параметры, влияющие на их значения.

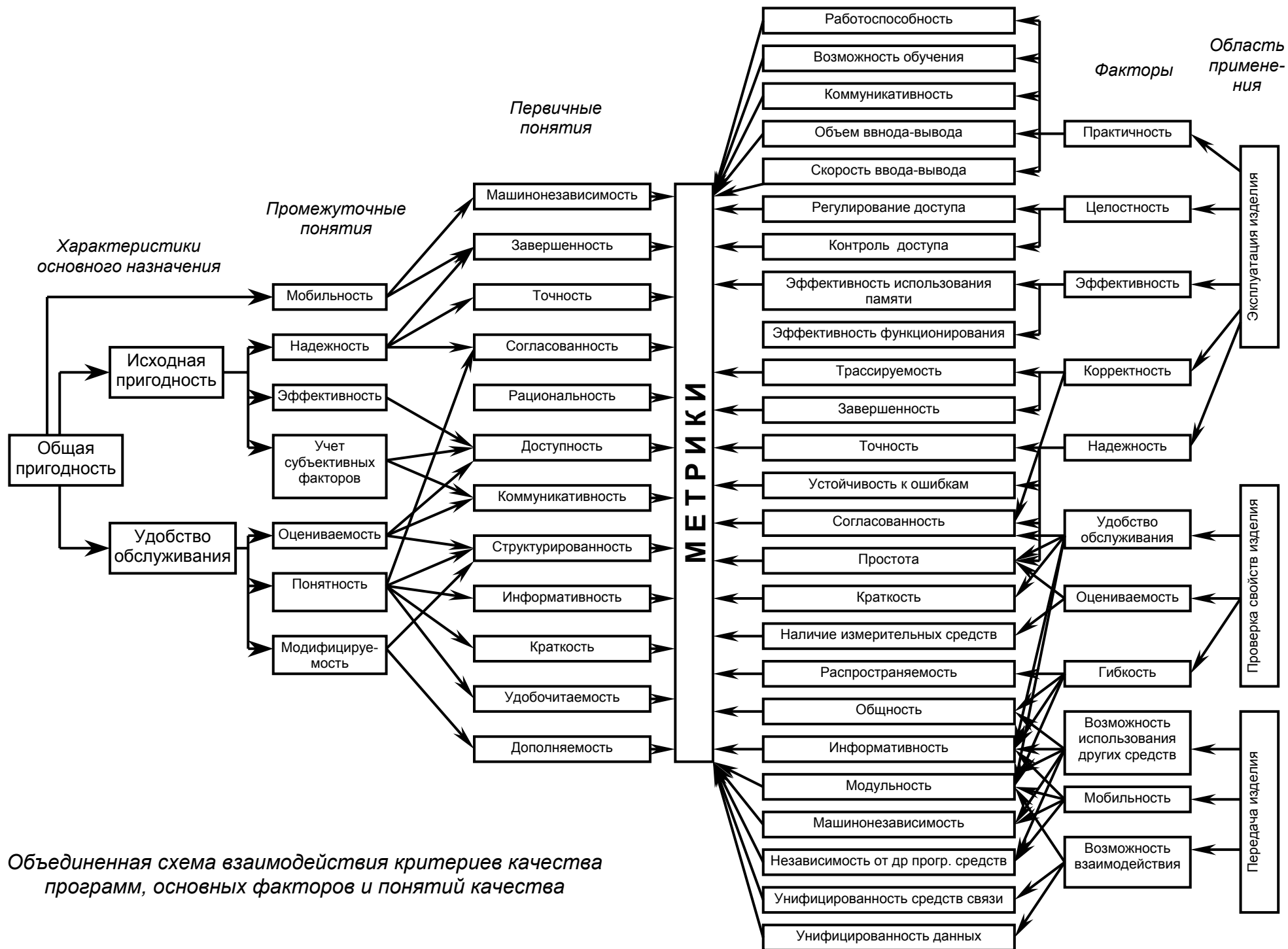
Критерии качества этапа проектирования включают, прежде всего, сложность создания комплекса программ и проверки его адекватности поставленным целям. На этапе проектирования основные затраты составляет трудоемкость создания программ заданной сложности и корректности.

Надежность (безотказность) функционирования характеризует относительную длительность получения корректных (достоверных) результатов или вероятность правильных (не искаженных за допустимые пределы) выходных данных.

Способность к модернизации комплексов программ определяется четкостью их структурного построения и структурой межмодульных связей. Кроме того, на этот критерий влияет метод распределения ресурсов ВС и наличие резервов для развития программ.

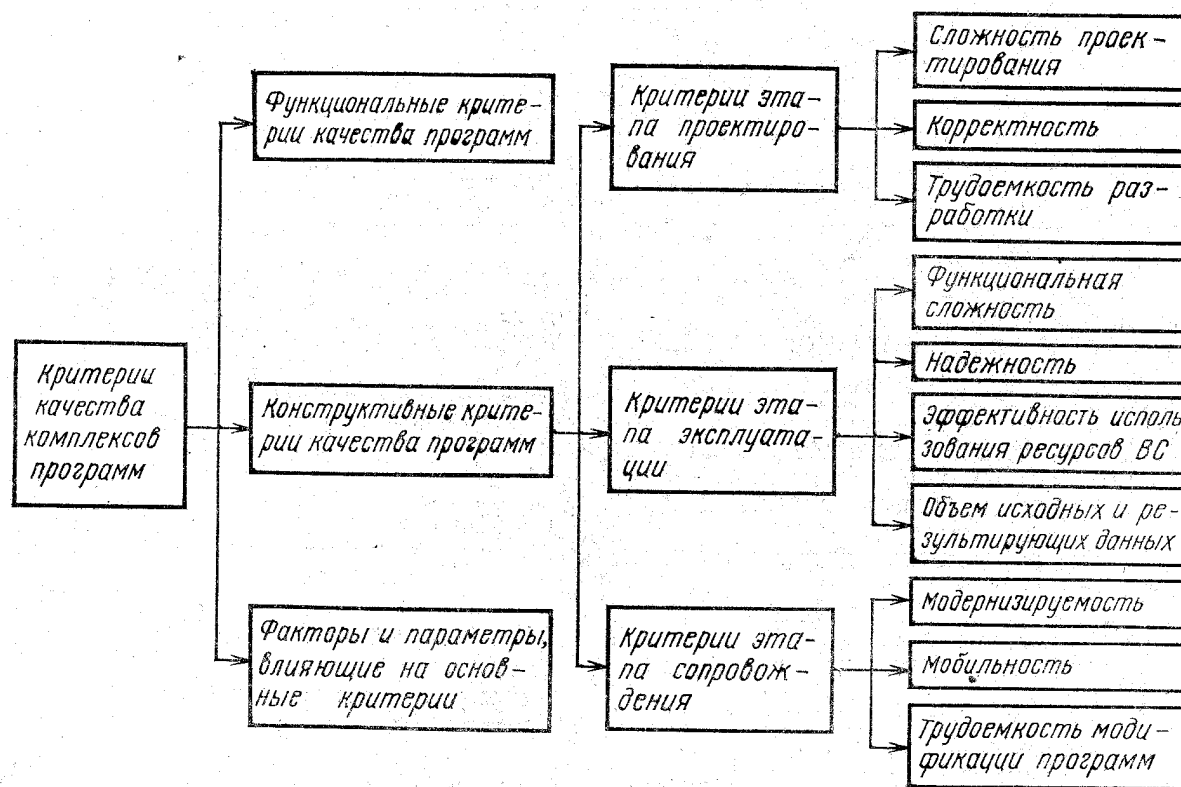
Мобильность комплексов программ относительно изменения типа, структуры и системы команд вычислительной машины характеризует возможность сохранения и эффективного использования эксплуатируемых программ в процессе развития аппаратуры ЭВМ.

Временные показатели жизненного цикла программ: длительность проектирования, продолжительность эксплуатации очередной версии и длительность проведения каждой модификации.

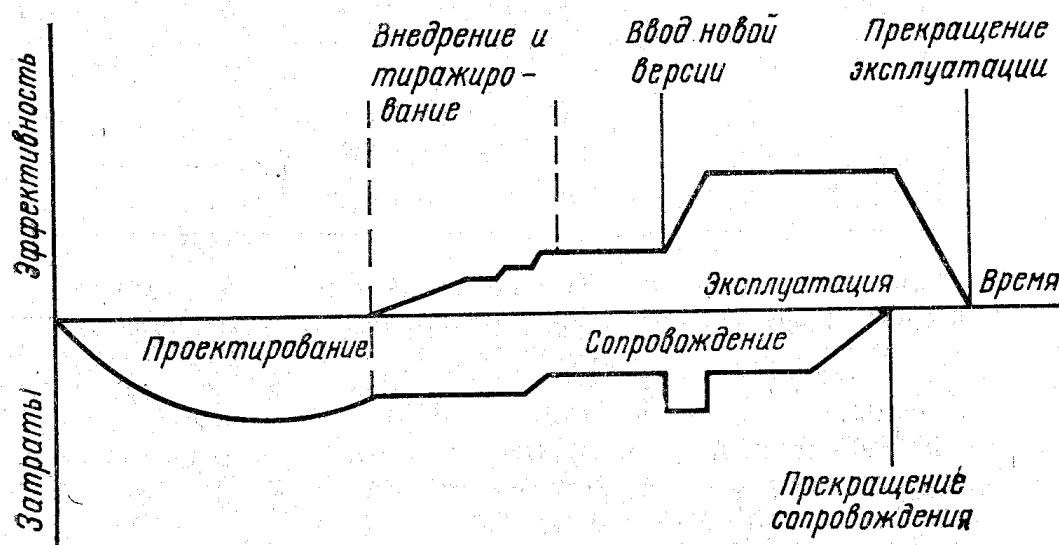


Объединенная схема взаимодействия критериев качества программ, основных факторов и понятий качества

Схема взаимодействия основных критериев качества программ



Зависимость эффективности и затрат на единицу времени от этапов жизненного цикла комплексов программ





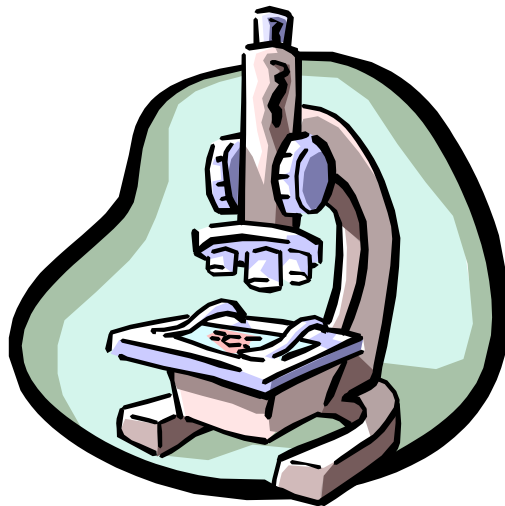
Этапы жизненного цикла	Проектирование	Эксплуатация	Сопровождение
Основные критерии качества комплекса программ	<ol style="list-style-type: none"> 1. Сложность создания программ 2. Корректность программ 3. Трудоемкость разработки программ 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Функциональная сложность комплекса программ 2. Надежность функционирования 3. Эффективность использования ресурсов 4. Объем исходных и результирующих данных 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Способность к модернизации программ 2. Мобильность программ относительно типов вычислительных систем 3. Трудоемкость изучения и модификации комплексов программ
Основные факторы, определяющие качество	<ol style="list-style-type: none"> 1. Структурная упорядоченность программ и данных 2. Степень стандартизации структуры модулей и переменных 3. Документированность компонент и комплекса 4. Методологическая обеспеченность технологии проектирования 5. Степень комплексной автоматизации технологии проектирования 6. Уровень языков спецификаций, программирования и отладки 7. Квалификация специалистов и методы организации работ 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Корректность постановки задач 2. Полнота и точность спецификаций 3. Уровень языков программирования 4. Полнота тестирования программ 5. Степень помехозащищенности программ 6. Документированность для эксплуатации 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Структурная упорядоченность комплекса программных средств 2. Степень стандартизации структуры модулей и переменных 3. Документированность для модификации 4. Уровень языков программирования 5. Степень комплексной автоматизации технологии проектирования 6. Обеспеченность контроля изменений версий и распространения копий.

Для анализа требований к качеству, устанавливаемых на этапе выработки требований к системе, существует один полезный метод, основанный на составлении матрицы "требования-свойства". В этой матрице в столбцах располагаются отдельные функциональные требования, а в строках – основные желаемые характеристики качества или свойства программного обеспечения. Возможно и обратное расположение строк и столбцов. Элементы матрицы представляют собой дополнительные функциональные требования, возникающие в ходе детального анализа аспектов качества, связанных с обеспечением каждого необходимого свойства.

<i>Свойства</i>	<i>Требования</i>	
Оцениваемость
Модифицируемость
...



Корректность программных средств



Корректность программного средства – соответствие проверяемого объекта некоторому эталонному объекту или совокупности более или менее формализованных эталонных характеристик и правил.

Корректность текстов программ – степень соответствия исходных программ формализованным правилам языков спецификаций и программирования.

Конструктивная корректность модулей – соответствие их структуры общим правилам структурного программирования и конкретным правилам оформления и внутреннего построения программных модулей в данном заказе.

Функциональная корректность модулей – корректность обработки исходных данных и получения результатов.

Конструктивная корректность данных определяется правилами их структурирования и упорядочения.

Функциональная корректность данных связана, в основном, с конкретизацией их содержания в процессе исполнения программ, а также при подготовке данных внешними абонентами.

Конструктивная корректность программных модулей определяется правилами структурного, модульного построения программных комплексов и общими правилами организации межмодульных связей. Эта составляющая может быть проверена формализованными автоматизированными методами.

Функциональная корректность комплексов программ наиболее трудно формируется вследствие большого количества возможных эталонных значений и распределений. В наиболее сложном случае для программ реального времени ее можно разделить на:

- **детерминированную корректность** – должно быть обеспечено однозначное соответствие исходных и результирующих данных исполняемых программ определенным эталонным значениям;
- **стохастическую корректность** – статистическое соответствие распределений результирующий случайных величин заданиям эталонным распределениям при соответствующих распределениях исходных данных;
- **динамическую корректность** – соответствие изменяющихся во времени результатов исполнения программ эталонным данным.

Синтаксический контроль корректности текстов программ – проверка входного текста программ на соответствие синтаксису языка программирования.

Семантический контроль текстов программ – проверка корректности применения и взаимодействия базовых конструкций языка программирования в тексте проверяемых программ.

Формализованный структурный контроль программ основывается на статической проверке соответствия структуры программ и последовательности основных операций использования памяти системе эталонных правил.

Верификация (подтверждение правильности) состоит в проверке и доказательстве корректности разработанной программы по отношению к совокупности формальных утверждений, представленных в программной спецификации и полностью определяющих связи между входными и выходными данными этой программы.

Основные виды корректности комплексов программ

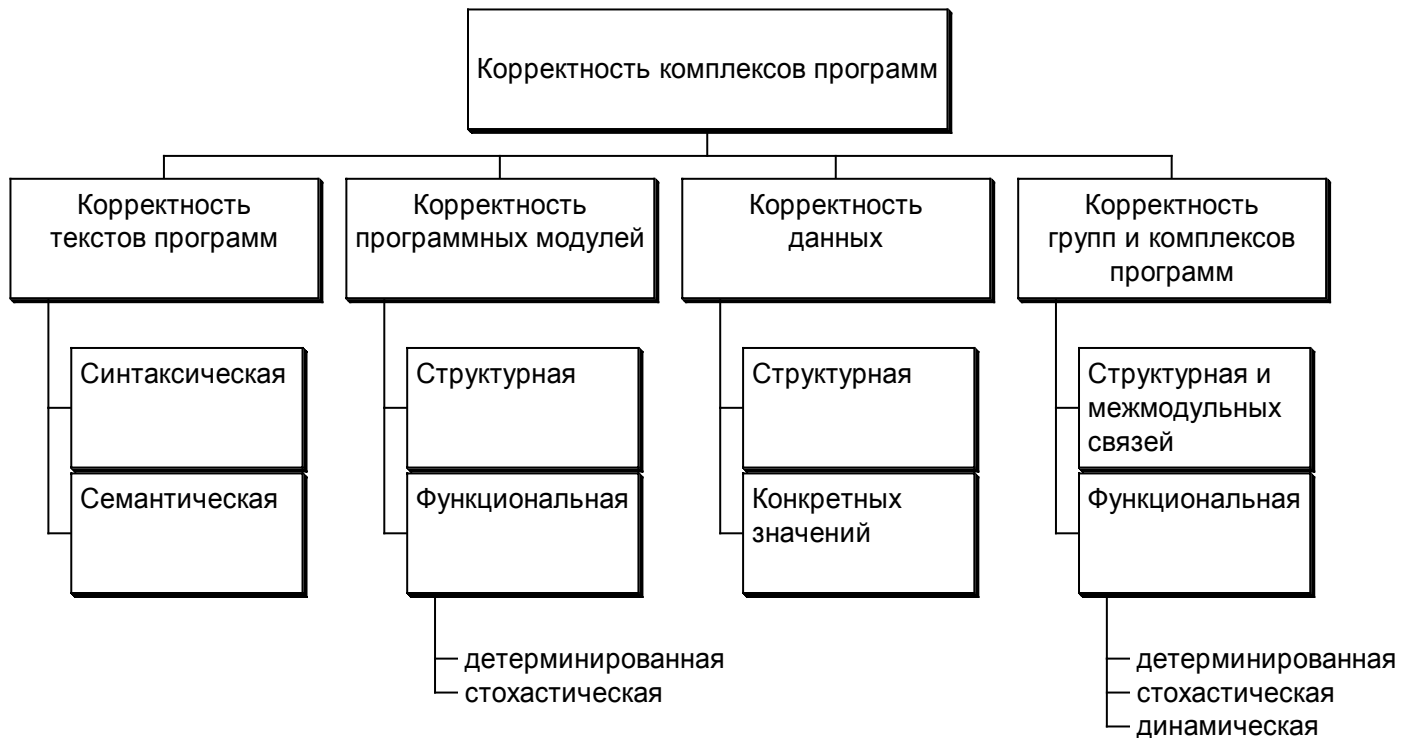
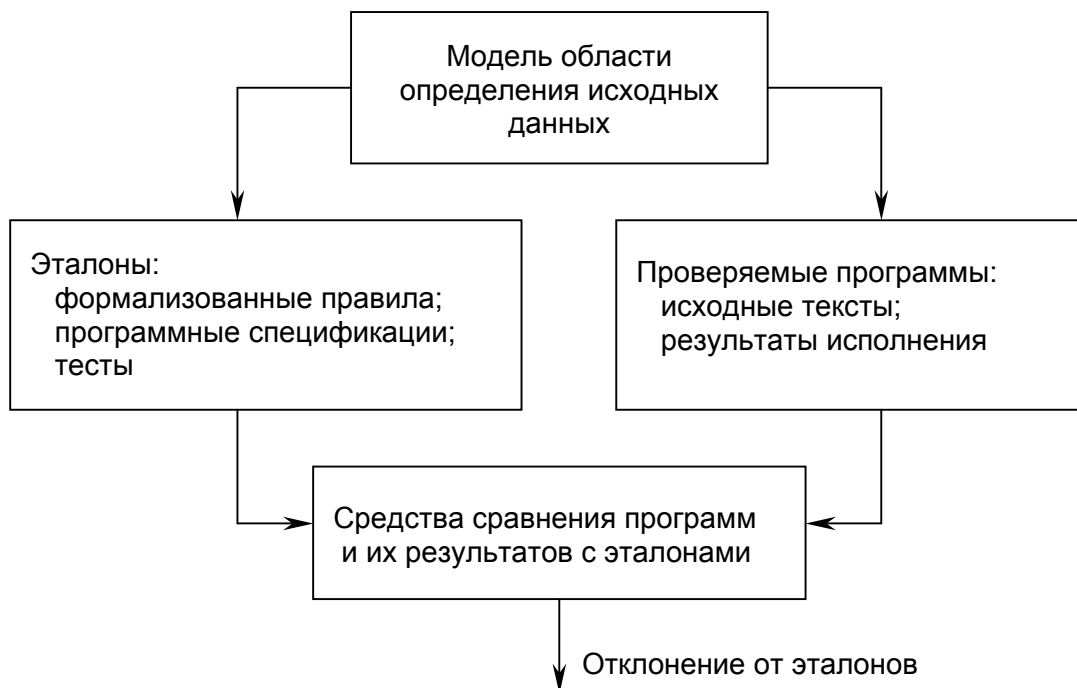


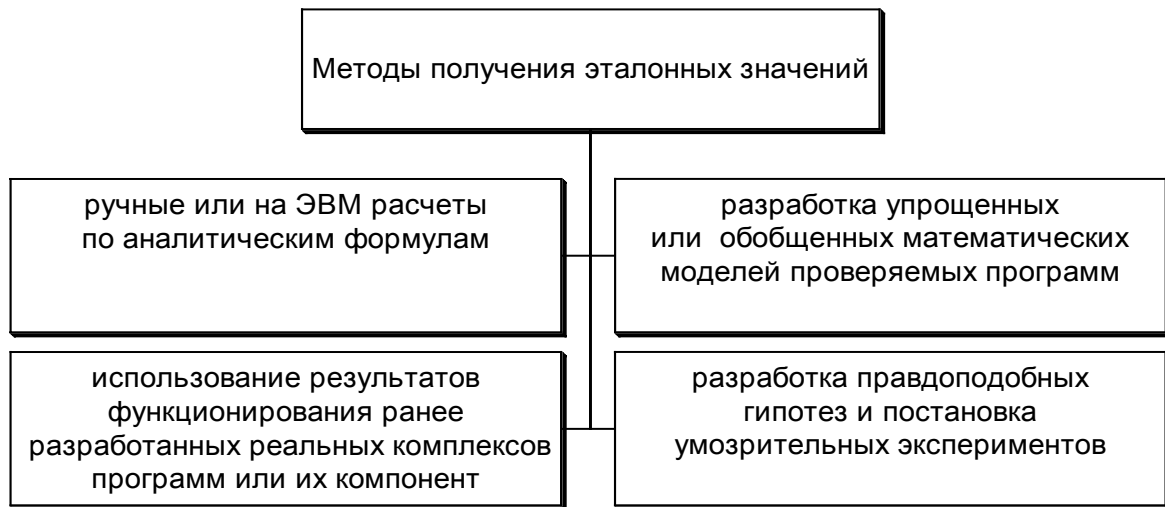
Схема взаимодействия компонент, определяющих обнаруживаемые отклонения программ от эталонов



Типы эталонов и методы проверки корректности программ



Методы получения эталонных значений



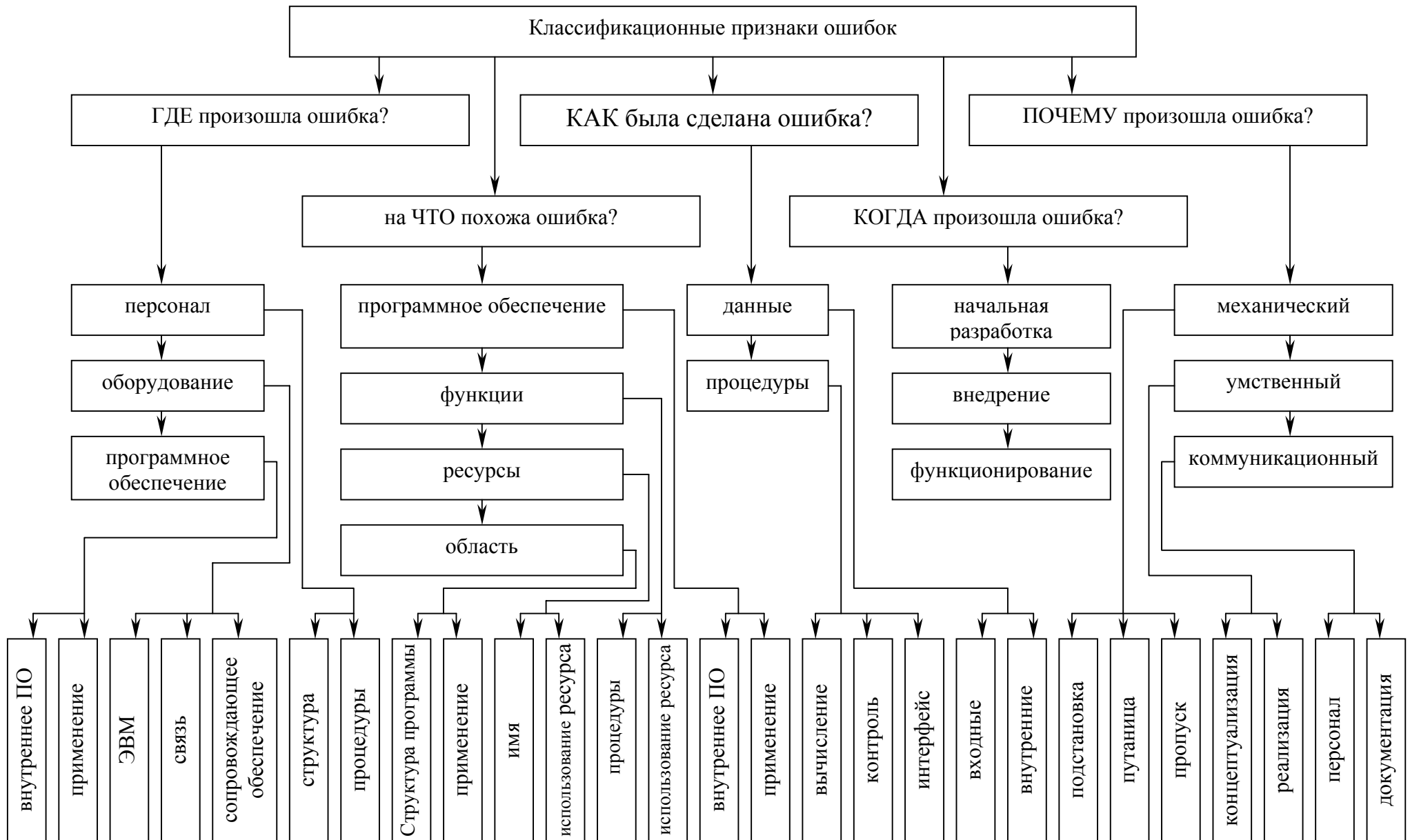
Блок-схема системы верификации программных модулей



Общая схема отладки программы



Классификационная схема ошибок



Сложность программного обеспечения



Сложность программы для систем реального времени преимущественно определяется допустимым временем отклика, а для информационно-поисковых систем – количеством типов обрабатываемых переменных.

Вычислительная сложность непосредственно связана с ресурсами вычислительной системы, необходимыми для получения совокупности законченных результатов.

Временной сложностью алгоритма называется время счета, затрачиваемое программой для получения результатов на некоторой эталонной ЭВМ, в зависимости от объема исходных данных.

Программная сложность характеризуется длиной программы или объемом памяти ЭВМ, необходимой для размещения программного комплекса.

Информационную сложность можно представить как объем базы данных, обрабатываемых комплексом программ, или как емкость оперативной и внешней памяти, используемой для накопления и хранения информации при исполнении программ.

Сложность текста – это длина самого короткого двоичного слова, содержащего всю информацию, необходимую для восстановления рассматриваемого текста при помощи некоторого способа декодирования.

Структурная сложность программ определяется числом взаимодействующих компонент, числом связей между компонентами и сложностью их взаимодействия.

Сложность некоторой межмодульной связи в процессе проектирования можно характеризовать вероятностью ошибки при ее формализации и степенью влияния этой ошибки на последующее функционирование модулей.

Сложность программных модулей

Характеризуется конструктивной сложностью создания оформленной компоненты программы и может быть оценена с позиции сложности внутренней структуры и преобразования переменных в каждом модуле, а также интегрально по некоторым внешним статическим характеристикам модулей

Сложность структуры комплекса

определяется глубиной взаимодействия модулей и регулярностью структуры межмодульных связей

Сложность структуры данных

Определяется количеством и структурой глобальных и обменных переменных, регулярностью их размещения в массивах, а также сложностью доступа к этим переменным

Основные виды сложности

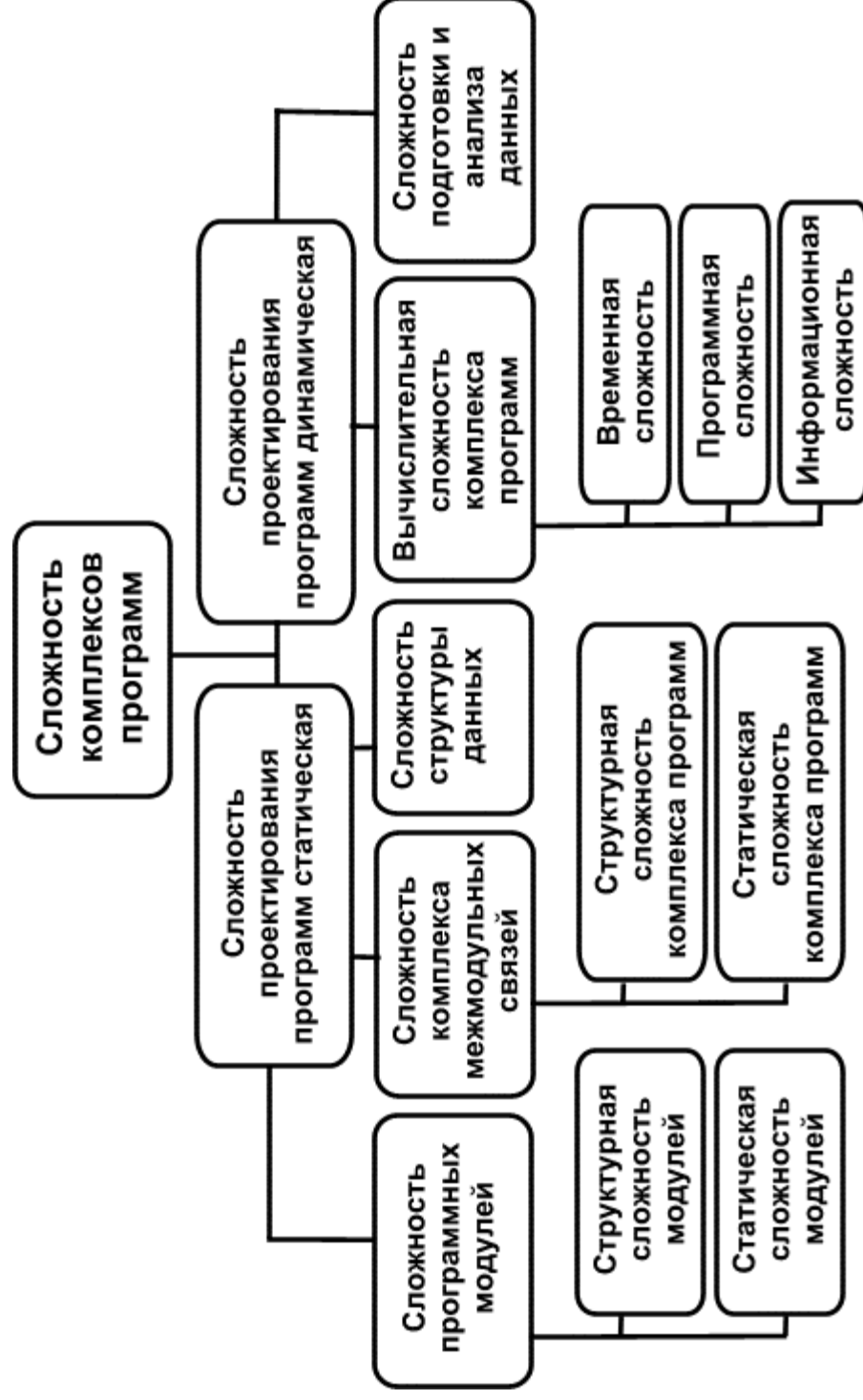


Схема взаимодействия показателей вычислительной сложности и основные факторы, влияющие на их значения



Теорией сложности установлены явления "сжатия" и "ускорения":

Ускорение вычислений
Сложность подобной программы
растет быстрее любой
рекурсивной функции



Повышение сложности программ,
вычислителя и расширения
алфавита исходных данных

**Снижение алгоритмической
сложности решаемых задач и
увеличение практически
доступной размерности для
решения**



Сужение классов решаемых задач,
выделение алгоритмов, наиболее
эффективных для определенных
узких подклассов



Определение характеристик сложности

Связи	Для модуля	Для ПС (многомодульная программа)
1. Узел	Точка ветвления модуля	Модуль, имеющий более одного выхода
2. Дуга	Последовательные участки модуля	Последовательность нескольких модулей, имеющих один выход
3. Петля	Циклические участки модуля	Циклические участки, состоящие из нескольких модулей

Надежность программных средств



Вероятность безотказной работы — это вероятность того, что в пределах заданной наработки отказ системы не возникает.

Вероятность отказа — вероятность того, что в пределах заданной наработки отказ системы возникает.

Интенсивность отказов системы — это условная плотность вероятности возникновения отказа ПС в определенный момент времени при условии, что до этого времени отказ не возник.

Средняя наработка до отказа — математическое ожидание времени работы ПС до очередного отказа.

Среднее время восстановления — математическое ожидание времени восстановления.

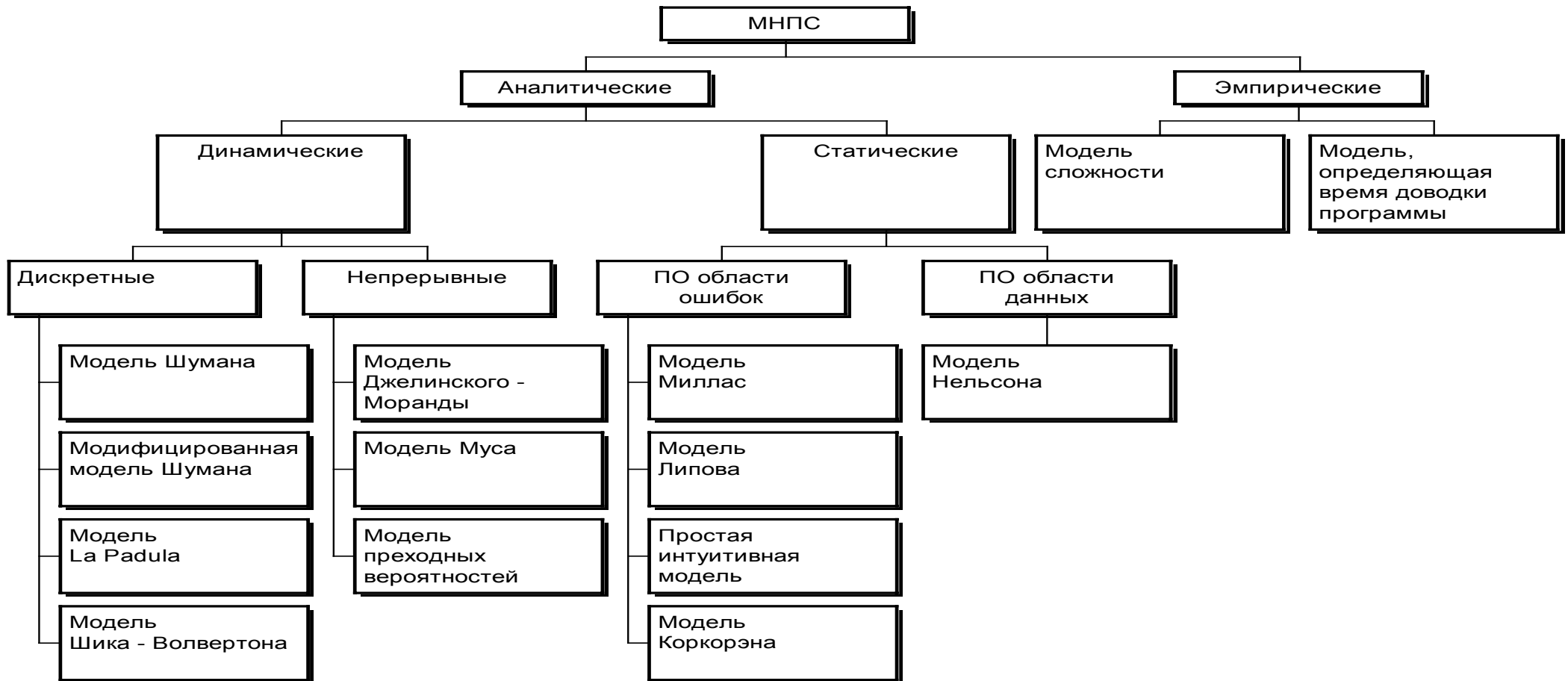
Коэффициент готовности — вероятность того, что ПС ожидается в работоспособном состоянии в произвольный момент времени его использования по назначению.

Сбор данных, необходимых для расчета матрицы вероятностей Р

Описание ошибки	Каким модулем вызвана ошибка	Действия на другие модули
-----------------	---------------------------------	------------------------------



Классификация моделей надежности ПС.



Эффективность



Эффективность — это мера соотношения затрат и результатов функционирования программного средства.

Экономический эффект — это результат внедрения некоторого мероприятия, выраженный в стоимостной форме в виде экономии от его осуществления.

Коэффициент эффективности капитальных вложений — это величина годового прироста прибыли, образующегося в результате производства или эксплуатации программного средства на 1 рубль единоразовых капитальных вложений.

Срок окупаемости — это величина, обратная коэффициенту эффективности. Представляет собой период времени, в течение которого затраты на программное средство окупятся полученным эффектом.

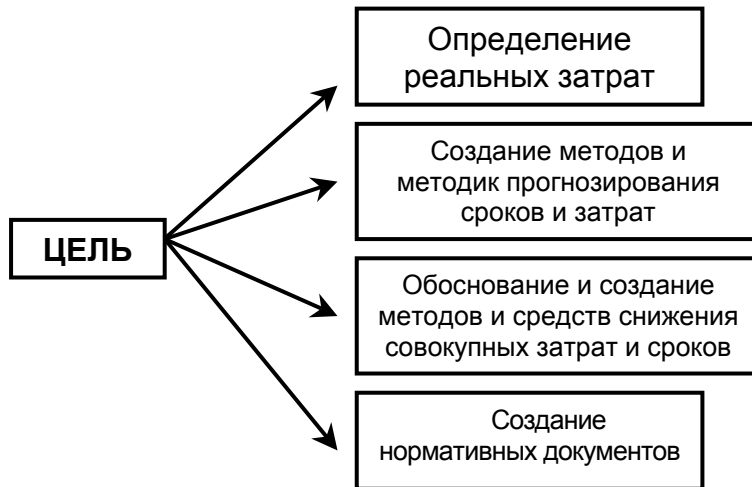
В процессе разработки программного средства в качестве критериев экономической эффективности могут быть выбраны следующие критерии:

1. максимальная экономическая эффективность функционирования программного средства за весь период жизненного цикла при ограниченных затратах на разработку программ;
2. минимальные затраты на разработку программ при заданной экономической эффективности применения и заданном качестве программного средства;
3. максимальное отношение экономической эффективности применения программного средства в течение времени эксплуатации к затратам на его создание;
4. максимальная разность эффекта от функционирования программного средства за весь жизненный цикл и затрат на его разработку, эксплуатацию и сопровождение.



Разработка программных средств

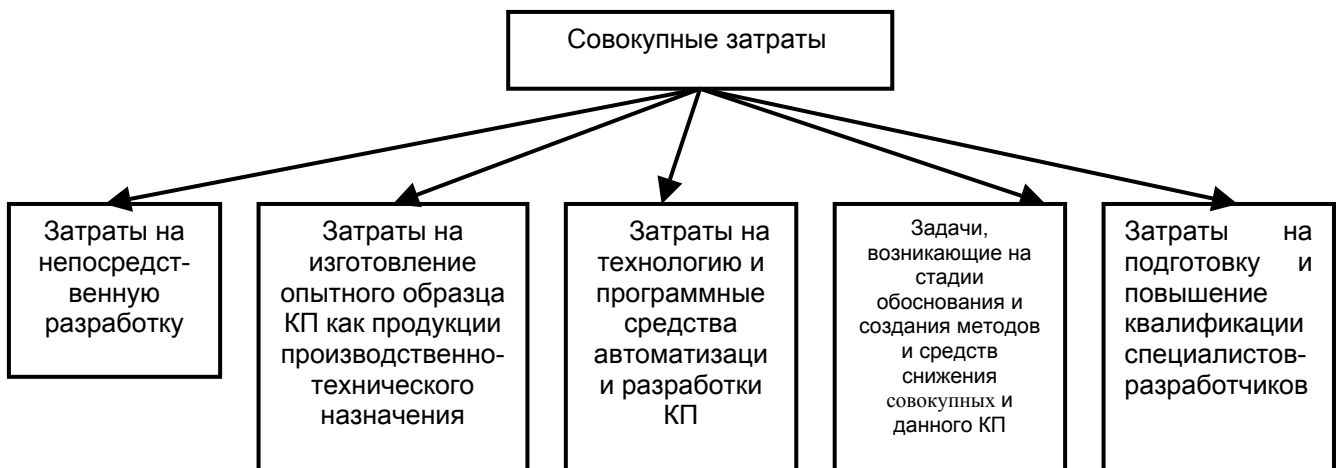
Цели технико-экономического анализа разработки ПС



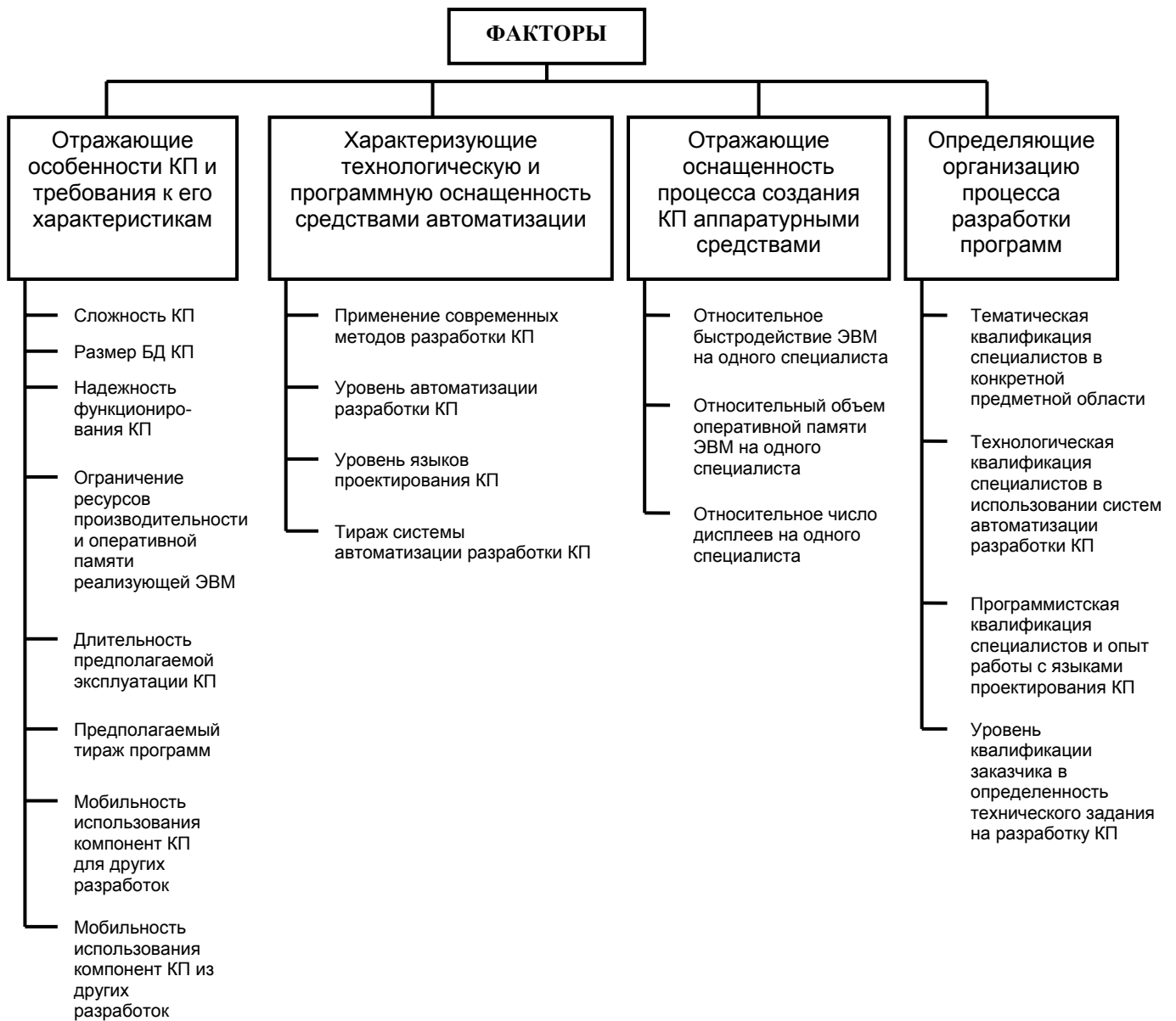
Задачи, возникающие на стадии обоснования и создания методов и средств снижения совокупных затрат и сроков разработки КП



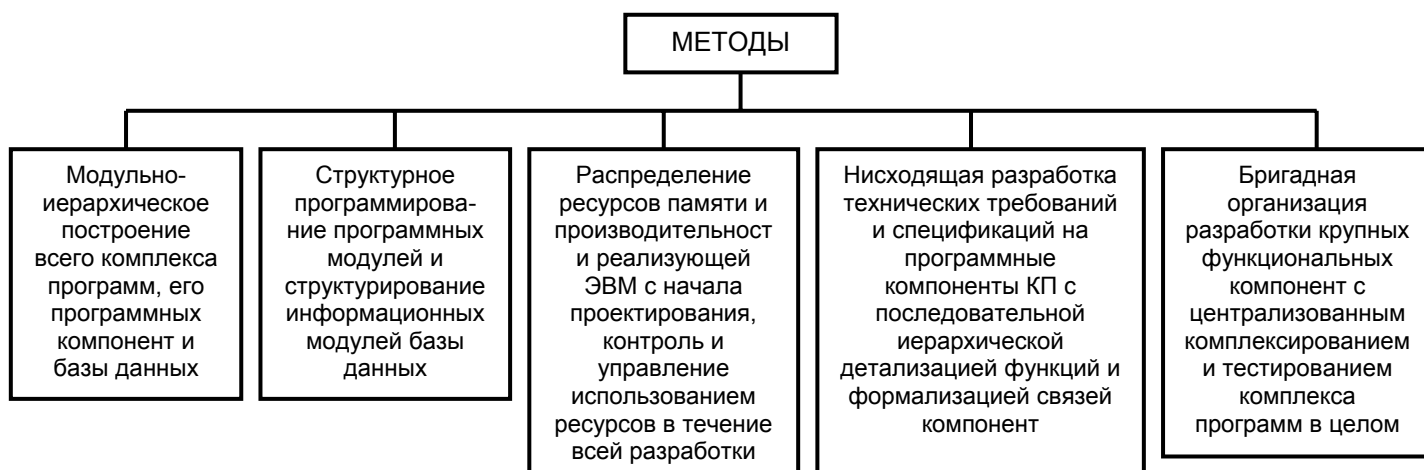
Составляющие затрат на разработку программ



Факторы, определяющие затраты на создание ПС



Методы разработки КП



Методы сбора технико-экономической информации о разработках ПС



Основные затраты, снижающие идеальную экономическую эффективность ПС



Сертификация



Под **сертификацией** понимается действие третьей стороны, доказывающее, что обеспечивается необходимая уверенность в том, что должным образом идентифицированная продукция, процесс или услуга соответствует конкретному стандарту или другому нормативному документу.

Сертификация может быть **обязательной** или **добровольной**.

Решение о выдаче сертификата на ПС основывается на оценке степени его соответствия действующим и/или специально разработанным документам.

Цели сертификации ПС

основная

формальная

Защита интересов
пользователей

контроль
качества

обеспечение высоких
потребительских свойств

повышение эффек-
тивности затрат

Выдача сертификата

Полнота, точность
эталонных данных

Адекватные показатели
качества ПС

Методологии интер-
претации данных

Сертификация

```
graph TD; A[Сертификация] --> B[Обязательная]; A --> C[Добровольная]; B --> D[Программные средства, выполняющие особо ответственные функции, в которых недостаточное качество, ошибки или отказы могут нанести большой ущерб или опасны для жизни и здоровья людей (авиация, атомная энергетика, системы управления органами власти, банковские системы...)]; C --> E[Для удостоверения качества ПС с целью повышения их конкурентоспособности, расширения сферы использования и получения дополнительных экономических преимуществ. Таким сертификационным испытаниям подвергаются компоненты операционных систем и ППП широкого применения, повышение гарантий качества которых выгодно как для поставщиков, так и для пользователей ПС.]
```

Обязательная

Программные средства, выполняющие особо ответственные функции, в которых недостаточное качество, ошибки или отказы могут нанести большой ущерб или опасны для жизни и здоровья людей (авиация, атомная энергетика, системы управления органами власти, банковские системы...)

Добровольная

Для удостоверения качества ПС с целью повышения их конкурентоспособности, расширения сферы использования и получения дополнительных экономических преимуществ. Таким сертификационным испытаниям подвергаются компоненты операционных систем и ППП широкого применения, повышение гарантий качества которых выгодно как для поставщиков, так и для пользователей ПС.

Решение о выдаче сертификата на ПС основывается на оценке степени его соответствия действующим и/или специально разработанным *документам*:

Действующие международные и национальные стандарты на тестирование, испытания, аттестацию программ и БД.

Международные и государственные стандарты на технологию создания компонент ПС и алгоязыки

Стандарты на сопровождающую ПС документацию

Технические условия, описания, спецификации и другие эксплуатационные документы по выбору

Исходные данные для сертификационных испытаний

Критерии и четко определенные значения показателей качества, которые должны быть достигнуты для выдачи в последующем сертификата соответствия

Значения исходных и результирующих данных, в пределах которых должны удовлетворяться заданные показатели качества

Стандарты, нормативные документы, методики точных воспроизводимых измерений показателей качества, состав и значение исходных и результатных данных

Организационная структура системы сертификации

ГОССТАНДАРТ РФ –
государственный орган по
сертификации

- организует ведение обязательной сертификации продукции;
- организует и финансирует разработку;
- утверждает основополагающие системы сертификации

Ведомственные органы по
управлению сертификацией
продукции

Те же функции, но в
ограниченном объеме и для
конкретных классов продукции

Испытательные
лаборатории сертификации
(ИЛС)

- проводят испытания согласно действующим государственным нормативным документам;
- испытывают ПС по поручению органов госнадзора России, заказчиков или разработчиков ПС;
- оформляют в установленном

В процессе испытаний должны проверяться и корректироваться инструкции по эксплуатации комплекса программ в следующих режимах:

- Генерация пользовательской версии ПС и установка ее на аппаратуре пользователя;
- контроль работоспособности программ и функциональный контроль всего ПС перед включением рабочего режима;
- нормальное рабочее функционирование всех программ в условиях и ограничениях, заданных в документации;
- аварийные и критические (стрессовые) ситуации, при которых должна сохраняться работоспособность программ;
- диагностика компонент программ и аппаратуры, поиска неисправностей или источника искажений;
- профилактические работы, контроль носителей информации и программ, их дублирование и т.д.



Обязанности специалистов - сертификаторов

Обеспечение полноты и объективности проведения испытаний, достоверности и точности их результатов

Соблюдение порядка и сроков проведения испытаний, согласованных с заявителем, а также условий, обеспечивающих конфиденциальность их проведения

Предотвращение распространения сертифицированного продукта с нарушениями порядка, установленного законодательством, заказчиком или разработчиком

Сохранение государственных и фирменных секретов согласно требованиям действующих нормативных документов

Обеспечение соответствия технического состояния контрольно-измерительной аппаратуры требованиям эксплуатационной документации

