



**Военно-космическая академия  
имени А.Ф. Можайского**



***Кафедра  
управления организационно-техническими  
системами космического назначения***

**Доцент 23 кафедры кандидат технических наук, доцент  
ДАНИЛОВ Анатолий Исаевич, полковник в отставке**

***Основы теории управления***

**Тема 2. «Основы теории эффективности»  
(16 часов – лекции, 10 часов – ПЗ)**

*Санкт-Петербург*

## Лекция 8. «Основные понятия и терминология теории эффективности»

**Цель занятия:** Уяснить терминологию теории эффективности, схему операционного комплекса и основные понятия квалиметрии (научная область об оценивании и анализе качества объектов).

### **Учебные вопросы:**

1. Терминология теории эффективности.
2. Общая характеристика элементов операционного комплекса
3. Основные понятия квалиметрии.

### **Литература:**

1. Петухов Г.Б., Якунин В.И. Методологические основы внешнего проектирования целенаправленных процессов и целеустремленных систем - М.: АСТ. 2006 г.
2. Петухов Г.Б. Основы теории эффективности целенаправленных процессов, ч.1, МО РФ 1989г.

# Ведение

В теме 2 речь будет идти о **целеустремленных технических системах (ЦУТС)** и **эффективности процессов их целенаправленного функционирования (ЦПФС)**. При этом по определению, ЦПФС представляет собой **операцию**, т.е. упорядоченную совокупность взаимосвязанных действий, направленных на достижение определённой цели. В связи с этим, может быть сформулировано следующее содержательное определение.

**Теории эффективности целенаправленных процессов (ТЭЦП)** - это прикладная дисциплина, в рамках которой разрабатываются и исследуются принципы и методы количественного оценивания и анализа результатов целевого функционирования ОТС и степени их соответствия целям операции, а также методы оптимального синтеза проектируемых систем и организуемых операций.

**Объектом исследования ТЭ является ЦПФС или операция.** При этом система является основным средством достижения цели т. к. качество системы (совокупность свойств системы) - это необходимое условие, а качество процесса её применения - достаточное условие получения целевого результата.

**Предметом изучения ТЭЦНП** является наиболее общее комплексное свойство операции - ее **эффективность**. ТЭЦНП формирует и раскрывает содержательный **смысл** этого понятия, рассматривает **факторы**, обуславливающие эффективность ЦПФС, принципы и способы обоснования и определения количественной меры эффективности ЦНПФС - **показателя эффективности**, принципы суждения об эффективности ЦНПФС - **критерии эффективности**, формулирует проблемы и задачи, требующие решения, и разрабатывает необходимые для этого методы.

Как научное направление ТЭ зародилась в теории стрельбы, предметом которой является оценивание действенности применения огнестрельного оружия. Развитие ТЭ происходит в годы Великой Отечественной войны и, особенно, в послевоенные годы в связи с необходимостью создания новых видов вооружения и разработки новых способов его боевого применения. В этот период ТЭ развивалась в рамках "Исследования операций", представляющего собой научное направление, предмет которого - анализ и оптимальная организация операций на этапе принятия организационных и управленческих решений.

Наиболее выдающимся трудом того времени явилась статья академика А.Н. Колмогорова "Число попаданий при нескольких выстрелах и общие принципы оценивания эффективности стрельбы", в которой А.Н. Колмогоров предложил оценивать эффективность стрельбы не на основе **частных показателей**, а по степени объективной возможности выполнения той **основной задачи**, ради которой эта стрельба производится. С этого времени в ТЭ прочно вошел наиболее объективный **показатель эффективности применения оружия - вероятность выполнения боевой задачи (т.е. вероятность достижения цели операции)**. Цель – это требуемый результат операции.

# Вопрос 1. Терминология теории эффективности

(Самостоятельно – задание на сампо: [1], п.1.2.2, стр. 30-33)

**1. Система** - это совокупность взаимосвязанных объектов. **Сложная система (СС)** - это система, характеризующаяся *множеством возможных состояний, сложным строением и поведением.*

**Сложная система военного назначения** - это человеко-машинная (*эргатическая*) система, называемая военно-технической системой (ВТС).

**2. Целеустремлённая техническая система (ЦУТС или ОТС)** - это *множество* взаимосвязанных материальных объектов (технических средств и обслуживающих их групп людей), непосредственно участвующих в проведении операции и *объединённых общей целью.*

**3. Операция** - это упорядоченная совокупность взаимосвязанных действий, направленных на достижение определённой цели. *Применительно к СС операция - это целенаправленный процесс функционирования системы (ЦПФС).* Необходимо подчеркнуть, что нераздельным атрибутом операции является конечная её длительность, называемая *операционным временем.*

**4. Цель** - это желаемый *исход* операции.

**5. Подсистема (субсистема)** - это сложная система меньшего масштаба, чем исходная, организационно входящая в последнюю, реализующая самостоятельную операцию, цель которой подчинена цели операции, исходной системой.

**6. Элемент системы** - это объект, входящий в состав системы, но не имеющий самостоятельной цели и не подлежащий расчленению на части. Понятия подсистемы и элемента сугубо условные. Так, одна и та же совокупность объектов может в рамках одной операции являться элементом, в рамках другой - подсистемой (субсистемой), в рамках третьей - системой или даже надсистемой (суперсистемой).

Свойства СС определяются не только свойствами ее элементов, но и характером взаимодействия между ними, т.е. новыми, так называемыми **системными свойствами**.

**7. Комплекс** - это совокупность объектов (систем, подсистем, элементов) различной физической природы, объединённых общей целью, но с менее жёсткими, чем в системе, организационными связями.



**Военно-технический комплекс (ВТК)** – это объединение военно-технических систем, каждая из которых проводит самостоятельную операцию. В рамках ТЭ предполагается, что цель операции **единственная**. Операция, преследующая несколько целей - это **совокупность одноцелевых операций**. Цель считается достигнутой, если путём преобразования системой некоторых ресурсов (сырья, энергии, информации, времени и т.д.) получен соответствующий ей результат.

**8. Задача системы** – это достижение требуемого исхода операции в результате функционирования ЦУТС при заданном расходе ресурсов, за заданное время с заданным набором количественных данных. Другими словами, **задача это конкретизированная цель**. Если цель операции сформулирована, то может быть начата разработка альтернативных способов (стратегий, планов) достижения цели. Из набора альтернативных планов наилучший выбирается на основе тех или иных **критериев** (правил суждения).

**9. Стратегия** - это определённая организация и способ проведения операции. Крупномасштабные операции всегда реализуются как совокупности более мелких частных операций.

**10. Результаты операции** - это совокупность всех её эффектов.

**11. Целевой эффект операции** - это результат, ради получения которого проводится операция.

**12. Ресурсы** - это запасы материи (сырья), энергии, информации, времени, а также технические и людские ресурсы, необходимые для проведения операции и получения требуемого целевого эффекта.

**13. Свойство** - это особенность объекта, зависящая от его строения и характеризующая отдельную его сторону.

**14. Качество** - это совокупность свойств объекта, отличающих его от других объектов и характеризующих его соответствие назначению.

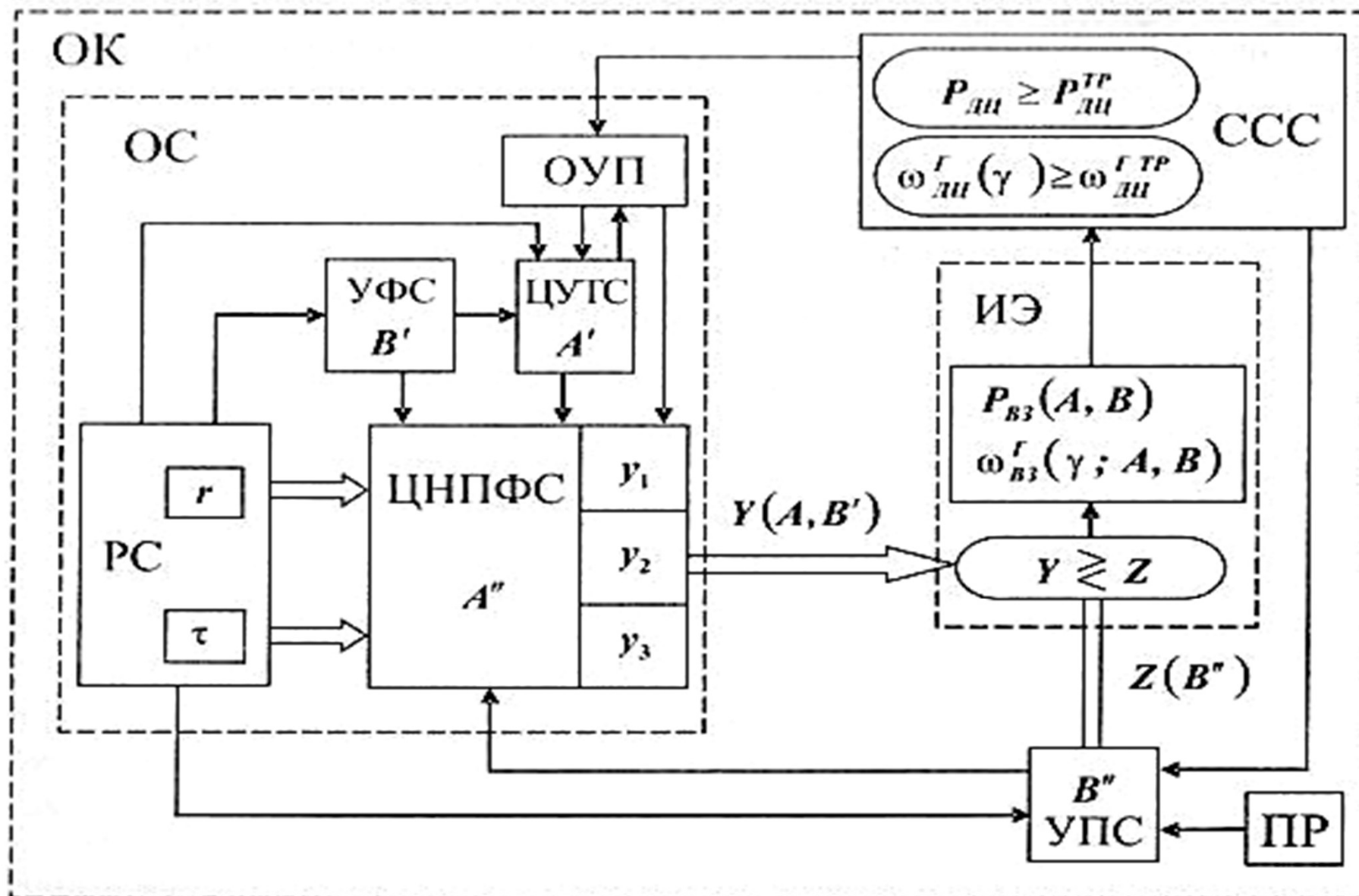
**15. Операционная система (ОС)** - это совокупность материальных и нематериальных (информация, время) объектов, в результате взаимодействия которых реализуется операция.

**16. Операционный комплекс (ОК)** - это совокупность объектов, включающая в себя в качестве элементов ОС, суперсистему и окружающую среду.

**17. Окружающая среда** - это совокупность объектов, не входящих в ОС, непосредственного участия в операции не принимающих, но обуславливающих операционную ситуацию и оказывающих влияние на ЦПФС и его исход. Окружающая среда интерпретируется как **условия проведения операции**, представляющие собой совокупность **условий функционирования (УФС)** и **условий применения (УПС) системы**.

**18. Операционная ситуация** - это состояние объектов окружающей среды, определяющих условия применения системы.

## Вопрос 2. Общая характеристика элементов операционного комплекса (рис.1)



**ОК** – операционный комплекс (16);

**ОС** – операционная система (15);

**ССС** – суперсистема (5);

**ОУП** – орган управления;

**ЦУТС** – целеустремлённая техническая  
система (2);

**ЦПФС** – целенаправленный процесс  
функционирования ЦУТС (3);

**РС** – ресурсы (12);

**УФС** – условия функционирования ЦУТС (17);

**УПС** – условия применения ЦУТС (17);

**ПР** – противник (природа, конкуренты и т.д.);

**ИЭ** – измеритель эффективности операции.

- **ССС** или лицо принимающее решение осуществляет выбор эффективных стратегий достижения поставленной цели, задает требования к результатам операции (ПЭ) и критерии их оценивания;
- **органы управления операцией (ОУП)** осуществляют текущее управление ходом операции в соответствии с выбранной стратегией достижения поставленной цели;
- **активные средства операции** или управляемые объекты (ЦУТС, ЦНПФС, РС), на которые воздействуют органы управления при выполнении операции (вещественные, энергетические, информационные и людские ресурсы);
- **объекты, формирующие УФС** (природно-климатические, географические и др.) и различного рода ограничения на используемые ресурсы;
- **объекты, активно противодействующие достижению цели** операции (УПС – требования к результатам операции, противник, конкурирующие организации и др.).

## Основные свойства и классификация элементов операционного комплекса

Таблица 1.2.1.

Элементы ОК	Основные свойства
ЦУТС	<p><u>Характеристики строения</u></p> <ul style="list-style-type: none"><li>- состав;</li><li>- структура (габариты, веса);</li><li>- масштабы (сложность);</li><li>- надежность;</li></ul> <p><u>Характеристики поведения</u></p> <ul style="list-style-type: none"><li>- мощность;</li><li>- мобильность;</li><li>- манёвренность;</li><li>- производительность;</li><li>- быстродействие;</li><li>- готовность;</li><li>- работоспособность;</li><li>- точность;</li><li>- живучесть;</li><li>- долговечность;</li><li>- экономичность;</li><li>- ...</li></ul>

Продолжение табл. 1.2.1.

Элементы ОК	Основные свойства
ЦНПФС	<p style="text-align: center;"><u>Общие</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- масштабность;</li> <li>- продолжительность;</li> <li>- устойчивость (помехоустойчивость);</li> <li>- ...</li> </ul> <p style="text-align: center;"><u>Операционные</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- результативность;</li> <li>- ресурсоемкость;</li> <li>- оперативность;</li> <li>- эффективность;</li> <li>- ...</li> </ul>
Результаты ЦНПФС	<p style="text-align: center;"><u>Прямые – целевые</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- объем (величина) целевого эффекта;</li> <li>- качество целевого эффекта: точность, достоверность, информативность, содержательность, полнота, своевременность и т.д.</li> </ul> <p style="text-align: center;"><u>Косвенные – побочные</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- расход операционных ресурсов;</li> <li>- расход операционного времени;</li> <li>- потери и ущербы;</li> <li>- ...</li> </ul>
Ресурсы	<ul style="list-style-type: none"> <li>- объем (количество);</li> <li>- состав (структура);</li> <li>- качество;</li> <li>- динамичность;</li> <li>- активность;</li> <li>- ...</li> </ul>



**Элементы ОК могут быть классифицированы.**

**1. По назначению ЦУТС делятся на *целевые и обеспечивающие*.**

**2. По целям операции делятся на:**

- ***операции преобразования ресурсов в целевой эффект*** (изготовление продукции, добывание данных и т.д.);
- ***операции распределения и перемещения*** (транспортные перевозки, передача информации и т.д.).

**По характеру протекания во времени операции делятся на *непрерывные и дискретные (циклические)*.**

**3. По характеру повторяемости операции делятся на:**

- ***массовые*** (решения задач управления, сбор информации);
- ***единичные - уникальные*** (запуск КА; стыковка КА на орбите).

**На рис. 2. приведена классификация *результатов операций*:**

- ***положительные и отрицательные***;
- ***прямые и косвенные (побочные)***.

**Результаты также могут быть *однородными и неоднородными*.**



Рис. 1.2.2

По структуре **ресурсы** делятся на **однородные и неоднородные**.

По динамике превращения в целевой эффект различают ресурсы:

- **активные и пассивные;**
- **динамические и статические.**

**Активными (А)** называются ресурсы, непосредственно превращающиеся в целевой эффект.

**Пассивными (П)** называются ресурсы, участвующие в получении целевого эффекта, но непосредственно в него не превращающиеся.

**Динамическими (Д)** называются ресурсы, расходуемые на получение целевого эффекта в ходе операции.

**Статическими (С)** называются ресурсы, расходуемые при создании ЦУТС и организации ЦПФС и участвующие в нём в качестве технического ресурса средств, уровня технологии, параметров и ЭТХ ЦУТС и ЦПФС. **Это капитальные затраты.**

## **Типичными ресурсами являются:**

- ресурс сырьевой (А, Д);**
- ресурс энергетический (А, Д);**
- ресурс структурный ЦУТС (П, Д);**
- ресурс технический (П, С);**
- ресурс технологический (П, С);**
- ресурс информационный (П, Д);**
- ресурс управленческий -**  
**организационный (П, Д);**
- ресурс временной (П, Д);**
- ресурс трудовой - людской (П, Д).**

### Вопрос 3. Основные понятия квалиметрии

**Квалиметрия** - это научная область, в которой разрабатываются методологические основы, методы и методики количественного **оценивания и анализа качества объектов**. Концепции квалиметрии находят своё выражение в следующих **трёх постулатах**.

**ПОСТУЛАТ 1.** Каждый исследуемый объект обладает определёнными свойствами, обуславливающими его **качество**. **Качество** - это свойство или совокупность свойств объекта, обуславливающих его пригодность для использования по назначению.

**ПОСТУЛАТ 2.** Каждое из свойств объекта может быть описано количественно с помощью некоторой переменной, значение которой характеризует меру (интенсивность) его качества относительно этого свойства. Эту меру называют **показателем свойства** или **частным показателем качества объекта**.

**Уровень качества объекта** характеризуется значениями совокупности показателей его **существенных** свойств, т.е. свойств, необходимых для соответствия объекта его назначению. Эта совокупность называется **показателем качества объекта**.

**Показатель качества объекта** - это вектор, компоненты которого суть показатели его отдельных свойств, представляющие собой частные, единичные показатели качества объекта.

**ПОСТУЛАТ 3.** Требуемое качество объекта задаётся **условиями**, которым должны удовлетворять виртуальные (возможные) значения показателей его существенных свойств. Эти условия называются **критериями оценивания качества** объекта, а проверка их выполнения называется **оцениванием качества** объекта.

Поясним понятие "*существенные свойства*" на примерах.

Пример 1. Пусть объект исследования - радиоприёмник. Из его возможных свойств (полоса частот, чувствительность, вес, габариты, надёжность, ремонтпригодность, долговечность, эстетичность - внешнее оформление, стоимость и т.д.) совокупности существенных свойств будут определяться назначением и условиями целевого применения (условиями эксплуатации) этого приёмника. Так, для переносных вариантов важными свойствами будут вес и габариты, для стационарных - полоса частот и чувствительность, для бытовых - внешнее оформление, стоимость и т.д.

Пример 2. Пусть объектом исследования является трава на лугу. Её "качество" обуславливается множеством свойств (физических, химических, биологических и т.п.). Однако пока трава не используется, она не обладает качеством потребительским. Такое качество возникает при намерении использовать траву. При этом в зависимости от целей использования травы в число существенных будут входить различные её свойства (для выпаса стада - одни, для заготовки кормов - другие, для прогулки и отдыха - третьи, для игры в футбол - четвёртые и т.д.).

**Критерий оценивания качества объекта** - это руководящее правило (совокупность условий), реализуемое при принятии решения (проектного, организационного, управленческого и т.п.) о качестве исследуемого объекта.



### Критерии оценивания качества объекта.

При оценивании качества любого объекта, описываемого  $n$ -мерным векторным показателем, реализуется совокупность критериев, каждый из которых в общем случае может принадлежать одному из трёх классов:

- классу  $\{C\}$  критериев пригодности;
- классу  $\{O\}$  критериев оптимальности;
- классу  $\{S\}$  критериев превосходства.

Приведём математические формулировки критериев пригодности и оптимальности.

Пусть  $y_i^j \ [i = \overline{1, n}; j = \overline{1, m}]$  - показатель  $i$  – го свойства  $j$  – го объекта, то есть показатель качества  $j$  – го объекта есть вектор:

$$Y_{<n>}^j = \langle y_1^j, y_2^j, \dots, y_n^j \rangle ; [j = 1(1), m]$$

$\{Y_i^\delta\}$  - множество (область) допустимых значений показателя  $y_i^j$  или в векторной форме:

$$\{Y_{<n>}^\delta\} = \{\langle y_1^\delta, y_2^\delta, \dots, y_n^\delta \rangle\}$$

Тогда критерии перечисленных выше классов имеют следующие определения. (в терминах теории множеств).

### Критерий пригодности:

$$G: \bigcap_{i=1}^n (y_i^j \in \{y_i^\delta\}) \cong U, \quad j = \overline{1, m}, \quad (2.2.1)$$

где  $U$  – достоверное событие (истинное высказывание);

$\cap$  - символ булева пересечения событий (логическое «и»).

В векторной форме критерий (2.2.1) принимает вид:

$$G: (Y_{\langle n \rangle}^j \in \{Y_{\langle n \rangle}^\delta\}^{np}) \cong U, \quad j = \overline{1, m}, \quad (2.2.1')$$

где  $\{Y_{\langle n \rangle}^\delta\}^{np}$  - область допустимых значений показателя качества пригодного объекта. Эти выражения имеет следующий смысл:  $j$ -я система является пригодной по качеству, если значения всех показателей ее существенных свойств принадлежат допустимым значениям.

Пример 2.2.3. Критерий (2.2. 1') иллюстрируется рис. 2.2.1 для случая

$$n=2; \quad m=5; \quad \{Y_{\langle 2 \rangle}^\delta\}^{np} = [y_1', y_1''] \times [y_2', y_2''].$$

Как видно из рис. 2.2.1, в приведённом примере объекты 1-й, 2-й, 3-й и 5-й пригодны, а 4-й не пригоден, т.е.  $\{Y_{\langle 2 \rangle}^\delta\}^{np} = \{Y_{\langle 2 \rangle}^1, Y_{\langle 2 \rangle}^2, Y_{\langle 2 \rangle}^3, Y_{\langle 2 \rangle}^5\}$ .

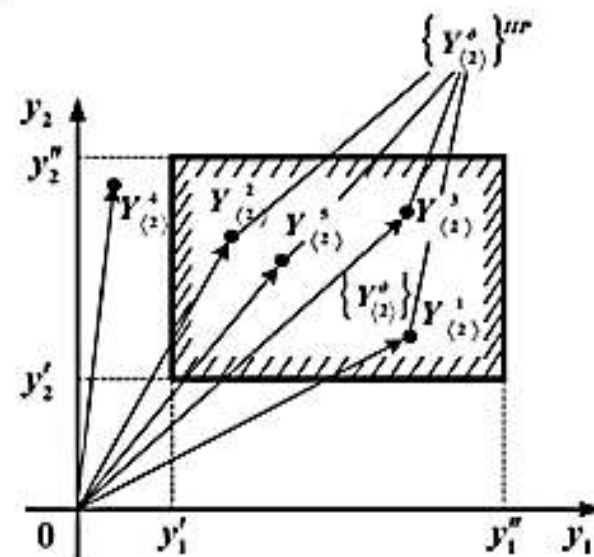


Рис. 2.2.1



### Критерий оптимальности:

$$O: \bigcap_{i=1}^n (y_i^j \in \{y_i^{\partial}\}) \cap \bigcap_{k \in \{k\}_{n_0}} (y_k^j = y_k^{opt}) \equiv U, \quad j = \overline{1, m}, \quad n_0 = \overline{1, n}, \quad (2.2.2)$$

где  $k$  – номер оптимизируемого свойства;

$y_k^{opt}$  – оптимальное значение показателя  $k$  – го свойства;

$n_0$  – объем множества  $\{k\}_{n_0}$  номеров (число) оптимизируемых свойств объекта.

Выражение (2) имеет следующий смысл:  $j$ -я система является оптимальной по  $n_0$  свойствам, если она пригодна по всем свойствам, а показатели  $n_0$  свойств принимают оптимальные (как правило, максимальные или минимальные) значения;

**Пример 4.** Критерий (2) в векторной форме иллюстрируется рис. 2.2.2, построенным в условиях примера 3 для случая

$$n_0 = 1 ; k=1; \{Y_{\langle 2 \rangle}^{\delta}\}^{opt} = \{y_1^{opt}\} \times [y_2', y_2''].$$

Как видно из рис. 2.2.2, в приведенном примере 1-й и 3-й объекты оптимальны по первому свойству (по показателю  $y_1^j$ ), т.е.  $\{Y_{\langle 2 \rangle}^{\delta}\}^{opt} = \{Y_{\langle 2 \rangle}^1, Y_{\langle 2 \rangle}^3\}$ .

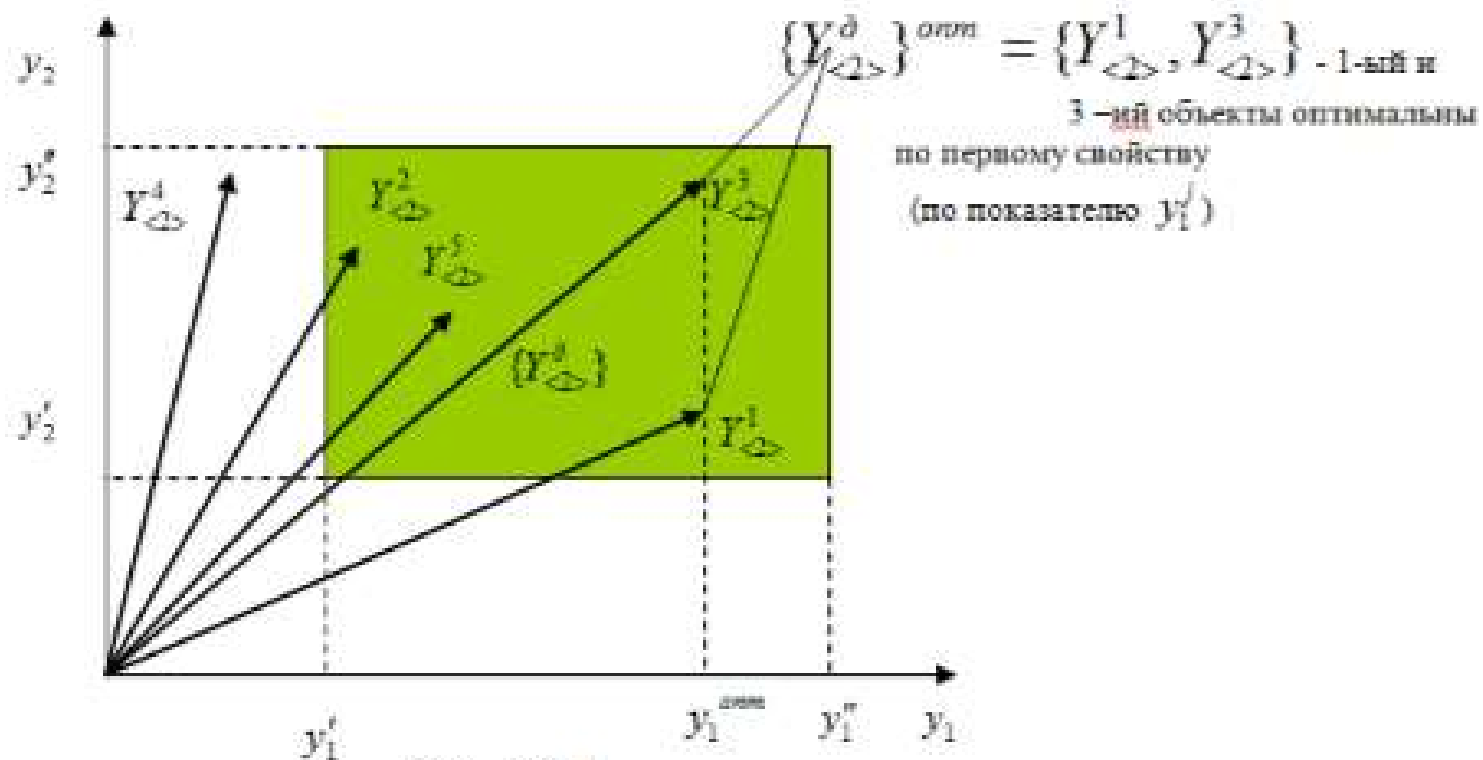


Рис. 2.2.2

### Заключение

2.2.4) Поскольку, по определению, качество объекта характеризуется совокупностью его свойств, то оно, в свою очередь, также представляет собой обобщённое (комплексное) свойство объекта, которое само по себе еще не характеризует степени его соответствия назначению. Этой цели служат показатели качества и критерии его оценивания. Таким образом, качество и его показатель различные понятия.

2.2.5) Не следует смешивать понятия *"показатель качества"* и *"критерии оценивания качества"*, первое из которых означает числовую характеристику или функцию (*меру качества*), а второе - совокупность высказываний и условия (2.2.1) - (2.2.2).

**Конец лекции !**