Моделирование конкурентоспособности товара на современном рынке

# Введение

Экономика – важнейший аспект нашей жизни. Особенно четко это понимается в условиях мирового экономического кризиса.

Именно решению экономической задачи посвящена моя дипломная работа. Как подойти к стандартным, исключительно экономическим вопросам, с математической точки зрения? Попытаться алгоритмизировать способы вычисления различных понятий, создать математические модели для решения практических задач экономики, как говорится «разложить по полочкам» эту многообразную теорию.

Рассмотрим предприятие, производящее товар, и желающее оценить его место положение на рынке. Если мы говорим о товаре, обладающем рядом свойств, и при выходе на рынок, сталкивающемся с некоторыми конкурентами в своей области, то наиболее четко описывает ситуацию экономический параметр – конкурентоспособность товара.

Научных работ, посвященных вопросам конкурентоспособности и ее управлению, опубликовано достаточно много как в отечественной, так и в зарубежной печати. Многообразие публикаций отражает объективную сложность предмета научного исследования.

Работа будет протекать по следующему плану:

Сначала определим экономическую интерпретацию задачи, оговорим её особенности и дадим определения ряду экономических понятий, а затем перейдем к математической составляющей, т.е. классифицируем задачу и попытаемся найти её решение с помощью теории оптимизации.

**1. Экономическая теория. Конкурентоспособность**

**1.1 Определения**

Любой человек, сталкивающийся, с различными видами экономической теории, будь то новости по телевизору / радио или же непосредственно на рабочем месте, знаком с понятием «конкурентоспособности». Различают конкурентоспособность товара, предприятия и даже отрасли.

Но что же это за часто встречающийся коэффициент, для чего он нужен, что он обозначает и как рассчитывается!?

Дадим определение (из научных работ институтов УлГУ и СПбГУЭФ):

«*Конкурентоспособность – это свойство объекта, имеющего определенную долю соответствующего релевантного рынка, которое характеризует степень соответствия технико-функциональных, экономических, организационных и других характеристик объекта требованиям потребителей, определяет долю рынка, принадлежащую* *данному объекту, и препятствует перераспределению этого рынка в пользу других объектов».*

Известно определение конкуренции, приведенное в Законе РФ «О конкуренции»: *это состязательность хозяйствующих субъектов, когда их самостоятельные действия эффективно ограничивают возможность каждого из них односторонне воздействовать на общие условия обращения товаров на соответствующем товарном рынке*.

**1.2 Свойства**

Для любого объекта можно определить огромное количество характеристик, как внутренних, так и внешних факторов. Анализировать их все, не предоставляется возможным. Перечислим несколько основных свойств самого понятия конкурентоспособности:

* Основная задача, при анализе конкурентоспособности, правильно выделить основную специфику объекта и корректно подобрать *состав требований*, которым должен подчиняться, удовлетворять объект.
* *Мера привлекательности продукта*. Важно отслеживать специфику каждой отельной характеристики продукта, контролировать, что для него «хорошо», и что «плохо», а так же учитывать особенности вкуса потребителя.

Для наглядности этого свойства приведу пример:

тарелка.

Имеет различные свойства, мы рассмотрим её *вес*. И не забудем заранее проанализировать, является ли это свойство важным и может ли охарактеризовать каждый подобный продукт.

Для потребителя №1 тем лучше тарелка, чем больше её вес.

Для потребителя №2 тем лучше тарелка, чем вес меньше.

Необходимо эту особенность учитывать при сравнении с товарами – аналогами по данной характеристике.

* *Релятивистская природа* понятия конкурентоспособности. Это обусловлено тем, что каждый раз мы анализируем объект относительно конкретного рынка и относительно конкретных аналогов.
* *Динамический характер* понятия конкурентоспособности, определяется объективными процессами, протекающими в экономических системах, и связан со временем их протекания.

**1.3 Методы расчета**

Следует отметить, что в подавляющем большинстве работ, посвященных конкуренции и конкурентоспособности, рассматриваются только свойства данного товара и свойства конкурирующих товаров. Многочисленные расчетные способы определения конкурентоспособности товара оперируют именно этими группами показателей – параметров качества (технических) и экономических параметров.

От выбора базы сравнения в значительной степени зависит правильность результата оценки конкурентоспособности и принимаемые в дальнейшем решения. Базой сравнения могут выступать:

* потребность покупателей;
* величина необходимого полезного эффекта;
* конкурирующий товар;
* гипотетический образец;
* группа аналогов.

С течением времени различали несколько способов расчета коэффициента конкурентоспособности:

дифференциальный метод оценки,

комплексный метод,

смешанный (современный) метод.

Дифференциальный метод позволяет лишь констатировать факт конкурентоспособности анализируемой продукции или наличия у нее недостатков по сравнению с товаром – аналогом. Он, однако, не учитывает влияние на предпочтение потребителя при выборе товара весомости каждого параметра. Для устранения этого недостатка используется комплексный метод оценки конкурентоспособности. Он основывается на применении комплексных показателей или сопоставлении удельных полезных эффектов анализируемой продукции и образца.

На первых двух методах подробно останавливаться не будем, т. к. по своей сути с**мешанный метод оценки** представляет собой сочетание дифференциального и комплексного методов. При смешанном методе оценки конкурентоспособности используется часть параметров рассчитанных дифференциальным методом и часть параметров рассчитанных комплексным методом.

Улучшение любой из характеристик товара автоматически не повышает его конкурентоспособность. Иначе говоря, «улучшение» характеристик товара по сравнению с базовым образцом вовсе не гарантирует появление конкурентных преимуществ – решающую роль следует отдавать потребителю в оценке преимуществ или недостатков товара (пример с тарелкой).

Совокупность качественных и стоимостных характеристик товара, способствующих созданию превосходства данного товара перед товарами-конкурентами в удовлетворении конкретной потребности покупателя, определяет конкурентоспособность товара.

Расчет единичного показателя конкурентоспособности производится по формулам:

 ; 

где  и - единичный параметрический показатель конкурентоспособности по i-му параметру.

Выбор той или иной формулы производится согласно свойствам товара и вышеперечисленным свойствам и условиям конкурентоспособности.

- величина i-го параметра для анализируемой продукции.

- величина i-го параметра, при котором потребность удовлетворяется полностью. Наилучший показатель по i-му параметру.

, причем  – общее количество параметров.

Расчет группового показателя по *техническим,* характеризующий степень соответствия данного товара существующей потребности по всему набору технических параметров, производится по формуле:

где  – групповой показатель конкурентоспособности по техническим параметрам;

- единичный показатель конкурентоспособности по i-му техническому параметру, рассчитываемый по формуле , не будем забывать условие, что ;

 – весомость i-го параметра в общем наборе из n технических параметров, характеризующих продукцию.

Значимость каждой характеристики определяется экспертно, и для нормировки показателей будем использовать весомость параметров , которую можно рассчитать, если сложить все значимости товара фирмы (в нашем случае ) и затем делить значимость каждого отдельного параметра на общую сумму.

 и - соответственно величина i-го параметра для анализируемой продукции и наилучшее значение i-го параметра из представленных.

Выбор формул , при расчете , зависит от особенности характеристик:  и .

Расчет группового показателя по *экономическим параметрам,* характеризующего степень соответствия данного товара существующей потребности по всему набору экономических параметров, производится по формуле:

где  – групповой показатель конкурентоспособности по экономическим параметрам.

- единичный показатель конкурентоспособности по j-му экономическому параметру, рассчитываемый по формуле (1), не будем забывать условие, что .

При расчете экономического параметра не возникает вопроса выбора соотношения из формулы , потому что мы всегда знаем, когда дело касается цены, то чем меньше денег необходимо заплатить, тем товар для нас привлекательнее, а значит, выбор «наилучшего» показателя определяется как .

 – весомость j-го параметра в общем наборе из m экономических параметров, характеризующих продукцию.

Расчет группового показателя по *нормативным параметрам* производится по формуле:

где  – групповой показатель конкурентоспособности по нормативным параметрам.

 – единичный показатель конкурентоспособности по k-му нормативному параметру, рассчитываемый по формуле . А так же 

Заметим, что в данной формуле нет значимости отдельных параметров, это обусловлено обязательным выполнением каждого из них.

Отличительной особенностью данной формулы является то, что если хотя бы один из единичных показателей равен 0, то товар при этом будет неконкурентоспособен.

Из вышеприведенных формул подытожим: расчет интегрального показателя *конкурентоспособности* для продукции фирмы производится по формуле:

где  – интегральный показатель конкурентоспособности анализируемой продукции.

Совокупность качественных и стоимостных характеристик товара, способствующих созданию превосходства данного товара перед товарами-конкурентами в удовлетворении конкретной потребности покупателя, определяет конкурентоспособность товара.

Данное определение конкурентоспособности является чрезвычайно ёмким, так как охватывает весь спектр факторов, определяющих суть этого понятия. Как следует из приведенного определения, конкурентоспособность товара определяется тремя необходимыми элементами:

* свойствами данного товара,
* свойствами конкурирующих товаров,
* особенностями потребителей.

**2. Постановка физической модели**

**2.1 Формулировка ситуации**

Работа проводится на основе данных, предоставленных предприятием под названием ЗАО «Химпоставщик-М». Которая занимается производством, реализацией и техническим сопровождением продуктов лакокрасочной отрасли, таких как: аддитивы, сиккативы, термостабилизаторы, лаки, пасты, смолы, полимеры, ПеноПолиУританы (ППУ). Именно на последнем продукте, возникла необходимость, остановиться поподробнее. Продукт новый для предприятия и очень перспективный, используется в различных отраслях: как в промышленности, так и в повседневной жизни. Хотелось бы проанализировать рынок ПеноПолиУритана, какие возможны продвижения и с помощью каких инструментов, все это должно привести к дальнейшему повышению прибыли при реализации. На рынке представлены несколько фирм, предлагающие подобную продукцию. Сам материал имеет несколько основных показателей, позволяющих его охарактеризовать. Все это приводит к мысли о необходимости анализа конкурентоспособности товара на рынке ПеноПолиУритана.

**2.2 Данные**

Компанией ЗАО «Химпостовщик-М» было принято решение улучшить положение на рынке продукции: ПеноПолиУритан (ППУ).

Продукция имеет высокий уровень качества, подтвержденный сертификатами международного соответствия, и пользуется большим успехом в сфере лакокрасочной продукции. Все важные характеристики продукции разделим на технические, экономические и нормативные.

В данное время на рынке представлены ППУ различных марок, данные по ним можно обнаружить в Internet:

Фирма A – **КровМаркет**

Фирма B – **Новые Строительные Технологии – НСТ**

Фирма C – **Тепломонтажсервис**

Фирма D – **Химпоставщик**

**2.3 Расчет коэффициента конкурентоспособности**

**2.3.1 Расчет технических показателей**

Расчет группового показателя по *техническим параметрам* производится по формуле:

где  – групповой показатель конкурентоспособности по техническим параметрам;

- единичный показатель конкурентоспособности по i-му техническому параметру, рассчитываемый по формуле , не будем забывать условие, что ;

 – весомость i-го параметра в общем наборе из n технических параметров, характеризующих продукцию.

Значимость каждой характеристики определяется экспертно, и для нормировки показателей будем использовать весомость параметров , которую можно рассчитать, если сложить все значимости товара фирмы (в нашем случае ) и затем делить значимость каждого отдельного параметра на общую сумму.

 и - соответственно величина i-го параметра для анализируемой продукции и наилучшее значение i-го параметра из представленных.

Показатели представлены в виде таблице 1.

Реальные технические характеристики продукции

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Технические параметры** | Значимость  (в баллах) |  | Товар фирмы А | Товар фирмы В | Товар фирмы С | Товар фирмы D |  |
| 1. Коэффициент теплопроводности,  Вт/(м\*К) | 50 | **0,50** | 0,026 | 0,027 | 0,025 | 0,028 | **0,025** |
| 2. Объемное водопоглощение,  % | 25 | **0,25** | 0,015 | 0,04 | 0,03 | 0,02 | **0,015** |
| 3. Срок эксплуатации,  Лет | 20 | **0,20** | 30 | 25 | >30 | >20 | **>30** |
| 4. Прочность (диапазон рабочих температур),  Градус. | 5 | **0,05** | -200… …+150 | -250… …+180 | -100… …+150 | -100… …+100 | **-250… …+180** |
|  |  |  |  |  |  |  |  |

Рассчитаем параметрические технические характеристики, используя данные из таблицы 1, согласно формуле . Результаты запишем в таблицу 2.

Параметрические технические характеристики продукции

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Технические параметры** |  | Товар фирмы А | Товар фирмы В | Товар фирмы С | Товар фирмы D |  |
| 1. Коэффициент теплопроводности, Вт/(м\*К) | **0,5** | 0.962 | 0.926 | 1 | 0.893 |  |
| 2. Объемное водопоглощение, % | **0,25** | 1 | 0.375 | 0.5 | 0.75 |  |
| 3. Срок эксплуатации, Лет | **0,2** | 0.938 | 0,781 | 1 | 0.688 |  |
| 4. Прочность (диапазон рабочих температур), Градус. | **0,05** | 0.814 | 1 | 0.581 | 0.465 |  |
|  |  |  |  |  |  |  |

Выбор формул , как уже говорилось, зависит от особенности характеристик. Так, например, для коэффициента теплопроводности и для объемного водопоглощения, чем меньше значение параметра, тем продукция лучше, т.е.  и . А для срока эксплуатации и для прочности, значение тем лучше, чем оно больше:  и .

Затем, используя данные таблицы 1 и таблицы 2, опираясь на формулу , рассчитаем групповой технический показатель каждой фирмы, занесем в таблицу 3.

Групповые технические параметры продукции

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Технические параметры** | Товар фирмы А | Товар фирмы В | Товар фирмы С | Товар фирмы D |
| 1. Коэффициент теплопроводности, Вт/(м\*К) | 0.481 | 0.463 | 0.5 | 0.447 |
| 2. Объемное водопоглощение, % | 0.25 | 0.094 | 0.125 | 0.186 |
| 3. Срок эксплуатации, Лет | 0.188 | 0.156 | 0.2 | 0.137 |
| 4. Прочность (диапазон рабочих температур), Градус. | 0.041 | 0.05 | 0.029 | 0.023 |
|  | **0.960** | **0.763** | **0.854** | **0.793** |

Полученный групповой показатель  характеризует степень соответствия данного товара существующей потребности по всему набору технических параметров, чем он выше, т.е. ближе к единице, тем в целом полнее удовлетворяются запросы потребителей.

Основой для определения весомости каждого технического параметра в общем наборе являются экспертные оценки, основанные на результатах маркетинговых исследований.

**2.3.2 Расчет экономических показателей**

Расчет группового показателя по *экономическим параметрам* производится по формуле:

где  – групповой показатель конкурентоспособности по экономическим параметрам.

- единичный показатель конкурентоспособности по j-му экономическому параметру, рассчитываемый по формуле (1), не будем забывать условие, что .

При расчете экономического параметра не возникает вопроса выбора соотношения из формулы , потому что мы всегда знаем, когда дело касается цены, то чем меньше денег необходимо заплатить, тем товар для нас привлекательнее.

 – весомость j-го параметра в общем наборе из m экономических параметров, характеризующих продукцию.

Весомость рассчитаем из значимости, аналогично со случаем технических параметров.

Показатели представлены в виде таблице 4.

Реальные экономические характеристики продукции

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Экономические параметры** | Значимость  (в баллах) |  | Товар фирмы А | Товар фирмы В | Товар фирмы С | Товар фирмы D |  |
| 1. Стоимость продукции,  Руб./кг | 70 | **0,7** | 90 | 110 | 95 | 100 | **90** |
| 2. Стоимость доставки,  Руб./кг | 30 | **0,3** | 10 | 20 | 20 | 30 | **10** |
|  |  |  |  |  |  |  |  |

Учтем, что параметрические характеристики рассчитываются, как отношение цены товара или услуги, связанной с товаром, к наилучшей (наименьшей) из всех представленных фирм на рынке. Используя так же данные таблицы 4 и формулу , заполним таблицу 5.

Параметрические экономические характеристики продукции

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Экономические параметры** |  | Товар фирмы А | Товар фирмы В | Товар фирмы С | Товар фирмы D |  |
| 1. Стоимость продукции, Руб./кг | **0,7** | 1 | 1.22 | 1.06 | 1.11 |  |
| 2. Стоимость доставки, Руб./кг | **0,3** | 1 | 2 | 2 | 3 |  |
|  |  |  |  |  |  |  |

Затем, используя данные таблицы 4 и таблицы 5, опираясь на формулу , рассчитаем групповой экономический показатель каждой фирмы, занесем в таблицу 6.

Групповые экономические параметры продукции

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Экономические параметры** | Товар фирмы А | Товар фирмы В | Товар фирмы С | Товар фирмы D |
| 1. Стоимость продукции, Руб./кг | 0.7 | 0.854 | 0.742 | 0.777 |
| 2. Стоимость доставки, Руб./кг | 0.3 | 0.6 | 0.6 | 0.9 |
|  | **1** | **1.454** | **1.342** | **1.677** |

Групповой экономический показатель характеризует степень соответствия данного товара существующей потребности по всему набору экономических параметров. Чем ближе значение  к единице, тем больше значение его экономических параметров устраивает потребителя.

**2.3.3 Расчет нормативных показателей**

Расчет группового показателя по *нормативным параметрам* производится по формуле:

где  – групповой показатель конкурентоспособности по нормативным параметрам.

 – единичный показатель конкурентоспособности по k-му нормативному параметру, рассчитываемый по формуле . А так же 

Заметим, что в данной формуле нет значимости отдельных параметров, это обусловлено обязательным выполнением каждого из них, т.е. каждая из характеристик важна на 100%.

Отличительной особенностью данной формулы является то, что если хотя бы один из единичных показателей равен 0, что означает несоответствие параметра обязательной норме, то групповой показатель также равен 0. Очевидно, что товар при этом будет неконкурентоспособен.

Показатели представлены в виде таблице 7.

Реальные нормативные характеристики продукции

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Нормативные параметры** | Товар фирмы А | Товар фирмы В | Товар фирмы С | Товар фирмы D |  |
| 1. Экологическая безопасность | норма | норма | НЕ норма | норма | **норма** |
| 2. Горючесть  (ГОСТ 12.1.044) | соотв. | соотв. | соотв. | соотв. | **соотв.** |

Используя данные таблицы 7 и формулу , заполним таблицу 8.

Параметрические нормативные характеристики продукции

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Нормативные параметры** | Товар фирмы А | Товар фирмы В | Товар фирмы С | Товар фирмы D |  |
| 1. Экологическая безопасность | 1 | 1 | 0 | 1 |  |
| 2. Горючесть (ГОСТ 12.1.044) | 1 | 1 | 1 | 1 |  |

Аналогично заполним таблицу 9, используя формулу 

Групповые нормативные параметры продукции

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Нормативные параметры** | Товар фирмы А | Товар фирмы В | Товар фирмы С | Товар фирмы D |
| 1. Экологическая безопасность | 1 | 1 | 0 | 1 |
| 2. Горючесть (ГОСТ 12.1.044) | 1 | 1 | 1 | 1 |
|  | **1** | **1** | **0** | **1** |

**2.3.4 Расчет показателя конкурентоспособности**

Расчет интегрального показателя *конкурентоспособности* для продукции фирмы производится по формуле:

где  – интегральный показатель конкурентоспособности анализируемой продукции. На протяжении всех рассуждений мы опускаем тот факт, что в анализируемой ситуации представлено 4 фирмы. Это делается только лишь для того, чтобы наглядно не загромождать формулы.

А - групповые показатели, рассчитанные выше.

Данное соотношение обусловлено законами математики.

Прямая зависимость от группового нормативного показателя, т. к. мы либо подтверждаем соответствие нормам, либо обнуляем коэффициент конкурентоспособности в силу несоответствия. Деление на ноль, лишь усложнило бы объяснение формулы.

Увеличение значения экономических параметров ведет к «ухудшению» товара в глазах потребителей, т.е. к понижению конкурентоспособности. Очевидно, что зависимость обратная.

Введение двух формул , и четкое отслеживание, по ходу расчета группового технического параметра, особенностей характеристик продукции, дает нам право говорить, что повышение значения единичного показателя приведет к увеличению коэффициента конкурентоспособности, т.е. к «улучшению» товара для потребителя.

Используя формулу  и результаты наших расчетов из таблиц 3, 6, 9, заполним таблицу 10.

Расчет коэффициента конкурентоспособности

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| КОЭФФИЦИЕНТ  КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ ТОВАРА | Товар фирмы А | Товар фирмы В | Товар фирмы С | Товар фирмы D |
|  | **0.960** | **0.525** | **0** | **0.473** |

Чем ближе значение коэффициента конкурентоспособности к единице, тем товар более конкурентоспособен на рынке по сравнению с остальными. Товар, обладающий нулевым коэффициентом конкурентоспособности на рынке не конкурентоспособен.

ПеноПолиУритан (ППУ) компании ЗАО «Химпостовщик-М» обладает наименьшим значением коэффициента конкурентоспособности. А значит у потребителя пользуется меньшим спросом, скорее всего объемы реализации минимальны. Нам, как производителям, необходимо этот коэффициент повысить. Попробуем для этого воспользоваться математикой.

**3. Математическая теория**

**3.1 Постановка математической задачи**

Сформулируем математическую модель.

Целевая функция: 

Формула универсальна и позволяет рассчитать значение конкурентоспособности для любой фирмы s из всех фирм, представленных на рынке (общее число фирм – r).

Нам необходимо увеличить коэффициент конкурентоспособности. Возможно, не удастся найти его максимальное значение, но наша задача сделать его как можно больше.

Распишем подробнее основные переменные целевой функции:



, ;

, , ;

, .

Управляемыми переменными являются: , , .

Ограничения:

, ;

, , .

Дополнительное условие:



Функция  показывает каково будет распределение средств (у. е.) по различным параметрам , , :

 – для улучшения технических характеристик ;

 – для понижения экономических параметров ;

 – для достижения требуемых норм .

-число технических характеристик,

- число экономических характеристик,

- число нормативных параметров,

 – общее число фирм на рынке.

**3.2 Классификация задачи**

Классифицируем поставленную математическую модель.

Практические задачи оптимизации, которые сводятся к математическим моделям вида: , , где множество допустимых значений определяется ограничениями-равенствами или ограничениями-неравенствами  или , при -заданному множеству индексов, то они называются задачами математического программирования.

Если функции и - нелинейные и все управляемые переменные неотрицательны, то это задача нелинейного программирования. В нашей задаче существует особенность целевой функции – она является дробно-линейной функцией, а значит, мы рассматриваем задачу дробно-линейного программирования*.*

Такая задача сводится к задаче линейного программирования. Существует несколько наиболее часто используемых методов для решения задач линейного программирования, к ним относится *графический метод*, *симплекс-таблица* и различные разновидности *симплекс-метода*.

Графический метод неприменим из-за количества управляемых переменных, их слишком много. Допустимым множеством  будет являться многогранник в мерном пространстве. Основная черта – наглядность – теряется.

Затруднения использования симплекс-метода связанны не только с той же проблемой, что у графического метода, к ней еще прибавляется сложность приведения к каноническому виду, представления в симплекс-таблицах.

Изменение управляемых переменных задано дискретным рядом значений, а значит, можем классифицировать поставленную задачу, как дискретную задачу оптимизации.

Часто применимый для таких задач *метод ветвей и границ.*

**3.3 Метод оптимизации для решения поставленной задачи**

Наиболее часто встречающийся, распространенный метод для решения такого типа задач – метод ветвей и границ.

**3.3.1 Общее описание метода ветвей и границ**

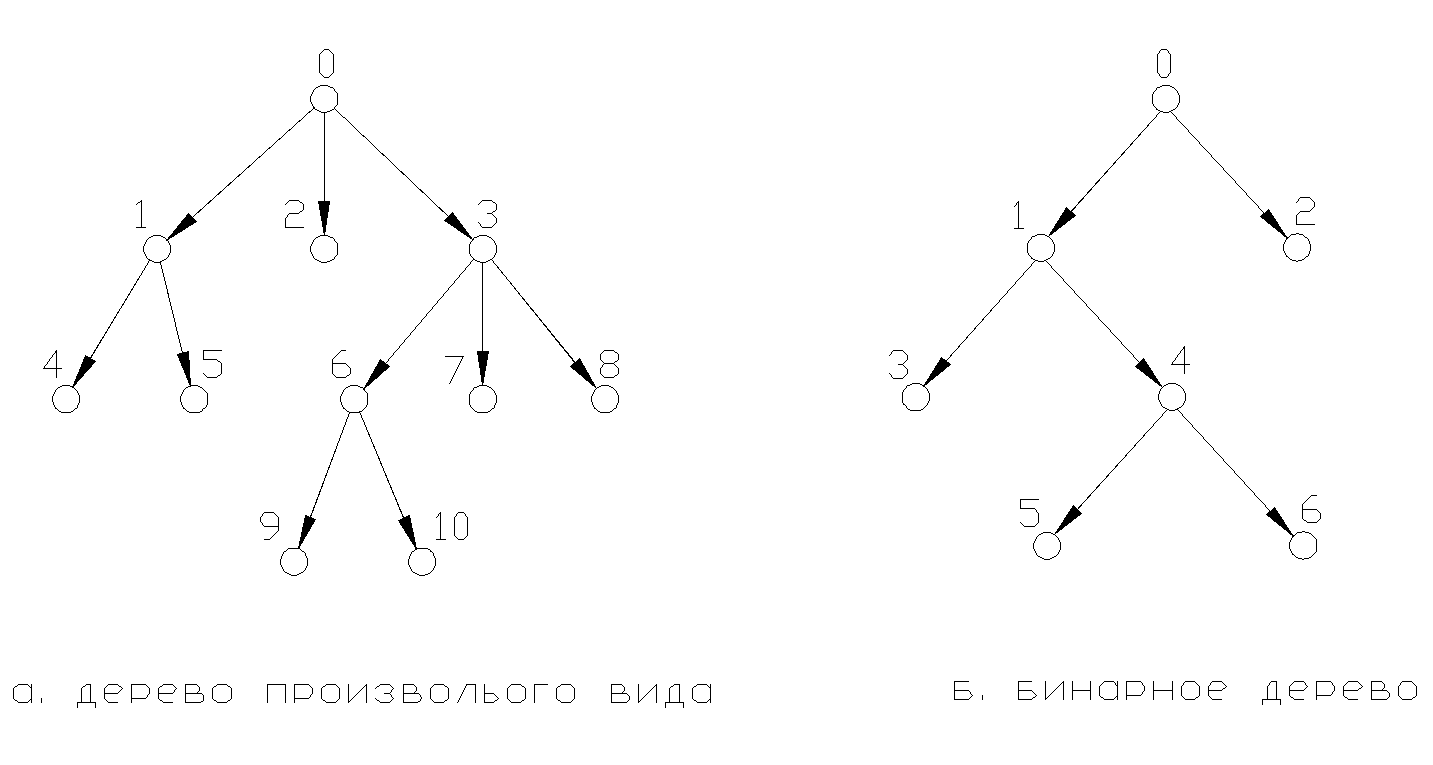
Метод применяется для решения разнообразных задач дискретной оптимизации. Его идея состоит в последовательном разбиении допустимого множества  исходной задачи

, ,  – дискретно 

на взаимно непересекающихся подмножествах  (этот процесс называется *ветвлением*) и получении оценок снизу (*границ*)  значений целевой функции  на этих подмножествах (). При выполнении определенных условий процесс ветвления завершается и решение задачи на одном из подмножеств  оказывается решением исходной задачи . Сказанное выше и объясняет название метода.

Схему поиска решения методом ветвей и границ в каждом конкретном случае можно наглядно представить в виде некоторого дерева, состоящего из множества *вершин* и соединяющих их *ветвей*.

Примеры деревьев:



Начальной вершине 0 соответствует исходное допустимое множество  или исходная задача (1), а любой другой вершине  – подмножество , полученное в результате ветвления, или подзадача :

, . 

Если при ветвлении из каждой вершины происходит разбиение соответствующего ей множества на две части, то схема метода изображается *бинарным деревом.*

Процесс ветвления из данной вершины  не производится, если выполнено одно из условий:

. Граница  найдена точно: , т.е. получено решение  подзадачи . Будем говорить, что в этом случае вместо оценки решения в вершине  найдено полное решение , соответствующее этой вершине.

. Множество  является пустым.

. Из полученных до этого *полных* решений найдется такое , что граница  удовлетворяет неравенству

. 

В данном случае дальнейший поиск решения исходной задачи на подмножестве  не имеет смысла, и говорят, что вершина  «убита» вершиной . В самом деле, из  следует, что , т.е. минимальное значение  функции  на  не может быть меньше, чем в уже найденной точке .

Вершины, удовлетворяющие одному из условий  – , назовем *прозондированными*. Непрозондированные вершины, из которых ветвление еще не произведено, будем называть *активными*, а совокупность всех таких вершин – *активным множеством* .

Процесс ветвления продолжается до тех пор, пока остается хотя бы одна активная вершина, т.е. . По окончании процедуры ветвления можно указать решение исходной задачи  – это то из найденных полных решений , для которого значение  минимально.

Из описания метода ветвей и границ ясно, что для его применения существенным является выполнение только следующих двух условий:

* Известно *правило ветвления*, т.е. разбиения множества допустимых решений, представляемого вершиной, на несколько попарно непересекающихся подмножеств.
* Имеется алгоритм получения нижней границы целевой функции на любом допустимом множестве.

Поэтому метод ветвей и границ можно использовать для решения не только целочисленной задачи линейного программирования, но и многих других задач, для которых выполняются указанные условия.

**3.3.2 Особенности метода в поставленной задаче**

Применим метод к нашей задаче:

Технологические возможности сырья не беспредельны, а значит улучшать значения параметров, можно только до определенного периода. Скажем также и о том, что получить результат при первых же поступлениях средств невозможно, из разумных соображений. Для нововведений и разработок требуется и / или время, и / или вложения в новые технологии, и / или затраты на работы технологов. Отсюда представим некоторую значимую часть дискретных зависимостей «улучшение реальных характеристик продукции» т.е. управляемых переменных , ,  от «вложенных в данный параметр средств» .Таблица11.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Вложенные средства  (у. е.) | | 5 | | | 10 | | | 15 | | | 20 | | | 25 | | | | 30 | | 35 | | | | 40 | | 45 | | | 50 | |
| Коэффициент теплопроводности,  Вт/(м\*К) | | 0.028 | | | 0.028 | | | 0.028 | | | 0.027 | | | 0.0265 | | | | 0.026 | | 0.0258 | | | | 0.0253 | | 0.025 | | | 0.025 | |
| Вложенные средства  (у. е.) | | 2 | | | 5 | | | 8 | | | 11 | | | 14 | | | | 17 | | 20 | | | | 23 | | 26 | | | 29 | |
| Объемное водопоглощение,  % | | 0.02 | | | 0.02 | | | 0.019 | | | 0.018 | | | 0.016 | | | | 0.015 | | 0.014 | | | | 0.011 | | 0.01 | | | 0.01 | |
| Вложенные средства  (у. е.) | | 3 | | | 5 | | | 7 | | | 9 | | | 11 | | | | 13 | | 15 | | | | 17 | | 19 | | | 21 | |
| Срок эксплуатации,  Лет | | >20  (22) | | | 24 | | | 25 | | | 25 | | | 25 | | | | 26 | | 27 | | | | 28 | | 29 | | | 29 | |
| Вложенные средства  (у. е.) | | 4 | | | 5 | | | 6 | | | 7 | | | 8 | | | | 9 | | 10 | | | | 11 | | 12 | | | 13 | |
| Прочность (диапазон рабочих температур),  Градус. | | 200 | | | 200 | | | 200 | | | 220 | | | 240 | | | | 270 | | 330 | | | | 400 | | 400 | | | 400 | |
| Вложенные средства  (у. е.) | | | 1 | | | 5 | | | 9 | | | 13 | | | 17 | | 21 | | | | 25 | | 29 | | | | 33 | | | 37 |
| Стоимость продукции,  Руб./кг | | | 100 | | | 99 | | | 97 | | | 95 | | | 94 | | 92 | | | | 90 | | 85 | | | | 80 | | | 80 |
| Вложенные средства  (у. е.) | | | 5 | | | 10 | | | 15 | | | 20 | | | 25 | | 30 | | | | 35 | | 40 | | | | 45 | | | 50 |
| Стоимость доставки,  Руб./кг | | | 30 | | | 28 | | | 27 | | | 25 | | | 20 | | 18 | | | | 16 | | 15 | | | | 15 | | | 15 |
| Вложенные средства  (у. е.) | 0 | | | 2 | | | 4 | | | 6 | | | 8 | | | 10 | | | 12 | | | 14 | | | 16 | | | 18 | | |
| Экологическая безопасность | 0 | | | 0 | | | 0 | | | 0 | | | 0 | | | 1 | | | 1 | | | 1 | | | 1 | | | 1 | | |
| Вложенные средства  (у. е.) | 0 | | | 3 | | | 6 | | | 9 | | | 12 | | | 15 | | | 18 | | | 21 | | | 24 | | | 27 | | |
| Горючесть  (ГОСТ 12.1.044) | 0 | | | 0 | | | 0 | | | 0 | | | 0 | | | 1 | | | 1 | | | 1 | | | 1 | | | 1 | | |

Вложение средств в нормативные параметры необходимо, только если значение характеристик на данный момент не соответствует нормам и ГОСТ.

Ранее представлено условие , т.е. израсходовать определенную сумму на повышение конкурентоспособности продукции нашей фирмы. Но сделаем допущение: стремление этой функции к  подчеркнет тот факт, что в наших экономических интересах потратить как можно меньше средств.

. Это приведет к тому, что ветвление из вершины  будет бесконечным. Вспомнив значения таблицы 11, мы примем это допущение, т. к. ограничение ветвления будет достигаться за счет естественного ограничения характеристик продукции.

В задаче требуется найти распределение средств, которые необходимо выделить предприятию, чтобы коэффициент конкурентоспособности был как можно больше .

На каждом шаге, мы будем получать новые значения характеристик товара, согласно дискретной зависимости. Нам необходимо в каждом случае просчитать новый коэффициент конкурентоспособности и сравнить его с коэффициентами товаров других фирм. Если не принять никаких ограничений, то метод превратится в перебор возможных решений.

Но мы можем ввести ограничение, которое сократит число возможных решений и сделает нашу задачу более корректной с экономической точки зрения. Нам, фирме D, достаточно будет если коэффициент конкурентоспособности станет больше максимального коэффициента представленных на рынке товаров: . Поэтому мы отбрасываем все те вершины, которые встретятся, в дальнейшем, на конкретном уровне, после выполнения этого условия.

Так же, мы «убиваем» вершины не за счет ограничений снизу / сверху допустимых подмножеств (теория метода ветвей и границ), а за счет условия рациональности принятия решения в экономике: «зачем платить больше, если можно заплатить меньше». С математической точки зрения это выглядит так: если значения параметров ,  или  не изменяются при увеличении значений , то «убиваются» все вершины с одинаковыми значениями характеристик товара, кроме той, на которую мы затратим меньше средств.

Эти ограничения исключают заведомо бесперспективные вершины, т.е. сокращают перебор возможных решений.

Возможно, например, использование следующего правила ветвления. Будем считать, что в первую очередь просматриваются распределения средств на технические характеристики с максимальной значимостью  и каждому варианту соответствует ветвь дерева поиска, исходящая из вершины 0. Затем из полученных вершин производится ветвление по распределению средств с меньшей значимостью . В дальнейшем, когда мы закончим с техническими параметрами, перейдем на экономические. Так же, сначала по распределению средств с максимальной значимостью , и затем по мере уменьшения. Средства на нормативные параметры мы будем выделять, только при условии несоответствия нормам. В случае нашей фирмы D, в этом нет необходимости.

Ограничения так же будут обусловлены технологическими и экономическими особенностями продукции.

**3.4 Решение**

Воспользовалась программой, написанной в среде MATLAB, и нашла оптимальное решение поставленной задачи.

Затрата средств в размере: 174 у. е.

45 у. е. – выделено для понижения коэффициента теплопроводности;

26 у. е. – для понижения значения объемного водопоглощения;

19 у. е. – для увеличения срока эксплуатации;

11 у. е. – для расширения диапазона прочности;

33 у. е. – для снижения стоимости продукции;

40 у. е. – для уменьшения стоимости доставки.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Товар фирмы А | Товар фирмы В | Товар фирмы С | Товар фирмы D |
| **0.780** | **0.627** | **0** | **0.879** |

К вопросу об устойчивости решения можно сказать, что малые изменения значений характеристик не ведут к серьезным изменениям коэффициента конкурентоспособности.

**3.5 Текст программы**

clear;

clc;

close all;

конкурентоспособность программа листинг коэффициент

%**ФИРМА A**

%ТЕХНИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ

P\_tex\_1\_A = 0.026; %коэффициент теплопроводности, Вт/м\*К

P\_tex\_2\_A = 0.015; %объемное водопоглащение, %

P\_tex\_3\_A = 30; %срок эксплуатации, лет

P\_tex\_4\_A1 = -200; %нижняя граница диапозона рабочих температур, градус

P\_tex\_4\_A2 = 150; %верхняя граница диапозона рабочих температур, градус

P\_tex\_4\_A = P\_tex\_4\_A2 – P\_tex\_4\_A1; % прочность (диапозон рабочих температур)

%ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ

P\_ek\_1\_A = 90; %стоимость продукции, руб./кг

P\_ek\_2\_A = 10; %стоимость доставки, руб./кг

%НОРМАТИВНЫЕ ПАРАМЕТРЫ

P\_norm\_1\_A = 1; %экологическая безопастность

P\_norm\_2\_A = 1; %горючесть (ГОСТ)

%**ФИРМА B**

%ТЕХНИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ

P\_tex\_1\_B = 0.027; %коэффициент теплопроводности, Вт/м\*К

P\_tex\_2\_B = 0.04; %объемное водопоглащение, %

P\_tex\_3\_B = 25; %срок эксплуатации, лет

P\_tex\_4\_B1 = -250; %нижняя граница диапозона рабочих температур, градус

P\_tex\_4\_B2 = 180; %верхняя граница диапозона рабочих температур, градус

P\_tex\_4\_B = P\_tex\_4\_B2 – P\_tex\_4\_B1; % прочность (диапозон рабочих температур)

%ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ

P\_ek\_1\_B = 110; %стоимость продукции, руб./кг

P\_ek\_2\_B = 20; %стоимость доставки, руб./кг

%НОРМАТИВНЫЕ ПАРАМЕТРЫ

P\_norm\_1\_B = 1; %экологическая безопастность

P\_norm\_2\_B = 1; %горючесть (ГОСТ)

%**ФИРМА C**

%ТЕХНИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ

P\_tex\_1\_C = 0.025; %коэффициент теплопроводности, Вт/м\*К

P\_tex\_2\_C = 0.03; %объемное водопоглащение, %

P\_tex\_3\_C = 32; %срок эксплуатации, лет

P\_tex\_4\_C1 = -100; %нижняя граница диапозона рабочих температур, градус

P\_tex\_4\_C2 = 150; %верхняя граница диапозона рабочих температур, градус

P\_tex\_4\_C = P\_tex\_4\_C2 – P\_tex\_4\_C1; % прочность (диапозон рабочих температур)

%ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ

P\_ek\_1\_C = 95; %стоимость продукции, руб./кг

P\_ek\_2\_C = 20; %стоимость доставки, руб./кг

%НОРМАТИВНЫЕ ПАРАМЕТРЫ

P\_norm\_1\_C = 0; %экологическая безопастность

P\_norm\_2\_C = 1; %горючесть (ГОСТ)

%**ФИРМА D**

**%ТЕХНИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ**

P\_tex\_1\_D = 0.028; %коэффициент теплопроводности, Вт/м\*К

P\_tex\_2\_D = 0.02; %объемное водопоглащение, %

P\_tex\_3\_D = 22; %срок эксплуатации, лет

P\_tex\_4\_D1 = -100; %нижняя граница диапозона рабочих температур, градус

P\_tex\_4\_D2 = 100; %верхняя граница диапозона рабочих температур, градус

P\_tex\_4\_D = P\_tex\_4\_D2 – P\_tex\_4\_D1; % прочность (диапозон рабочих температур)

%ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ

P\_ek\_1\_D = 99; %стоимость продукции, руб./кг

P\_ek\_2\_D = 15; %стоимость доставки, руб./кг

%НОРМАТИВНЫЕ ПАРАМЕТРЫ

P\_norm\_1\_D = 1; %экологическая безопастность

P\_norm\_2\_D = 1; %горючесть (ГОСТ)

%значимость параметров

alfa\_tex\_1 = 0.5;

alfa\_tex\_2 = 0.25;

alfa\_tex\_3 = 0.2;

alfa\_tex\_4 = 0.05;

alfa\_ek\_1 = 0.7;

alfa\_ek\_2 = 0.3;

% наименьшее значение теплопроводности – наилучшее

P\_tex\_1 = [P\_tex\_1\_A P\_tex\_1\_B P\_tex\_1\_C P\_tex\_1\_D];

P\_tex\_ideal\_1 = min (P\_tex\_1);

q\_tex\_1\_A = P\_tex\_ideal\_1 / P\_tex\_1\_A;

q\_tex\_1\_B = P\_tex\_ideal\_1 / P\_tex\_1\_B;

q\_tex\_1\_C = P\_tex\_ideal\_1 / P\_tex\_1\_C;

q\_tex\_1\_D = P\_tex\_ideal\_1 / P\_tex\_1\_D;

% наименьшее значение водопоглощения – наилучшее

P\_tex\_2 = [P\_tex\_2\_A P\_tex\_2\_B P\_tex\_2\_C P\_tex\_2\_D];

P\_tex\_ideal\_2 = min (P\_tex\_2);

q\_tex\_2\_A = P\_tex\_ideal\_2 / P\_tex\_2\_A;

q\_tex\_2\_B = P\_tex\_ideal\_2 / P\_tex\_2\_B;

q\_tex\_2\_C = P\_tex\_ideal\_2 / P\_tex\_2\_C;

q\_tex\_2\_D = P\_tex\_ideal\_2 / P\_tex\_2\_D;

% наибольшее значение срока эксплуатации – наилучшее

P\_tex\_3 = [P\_tex\_3\_A P\_tex\_3\_B P\_tex\_3\_C P\_tex\_3\_D];

P\_tex\_ideal\_3 = max (P\_tex\_3);

q\_tex\_3\_A = P\_tex\_3\_A / P\_tex\_ideal\_3;

q\_tex\_3\_B = P\_tex\_3\_B / P\_tex\_ideal\_3;

q\_tex\_3\_C = P\_tex\_3\_C / P\_tex\_ideal\_3;

q\_tex\_3\_D = P\_tex\_3\_D / P\_tex\_ideal\_3;

% наибольшее значение прочности – наилучшее

P\_tex\_4 = [P\_tex\_4\_A P\_tex\_4\_B P\_tex\_4\_C P\_tex\_4\_D];

P\_tex\_ideal\_4 = max (P\_tex\_4);

q\_tex\_4\_A = P\_tex\_4\_A / P\_tex\_ideal\_4;

q\_tex\_4\_B = P\_tex\_4\_B / P\_tex\_ideal\_4;

q\_tex\_4\_C = P\_tex\_4\_C / P\_tex\_ideal\_4;

q\_tex\_4\_D = P\_tex\_4\_D / P\_tex\_ideal\_4;

%расчет группового технического параметра

I\_tex\_A = q\_tex\_1\_A \* alfa\_tex\_1 +

+ q\_tex\_2\_A \* alfa\_tex\_2 +

+ q\_tex\_3\_A \* alfa\_tex\_3 +

+ q\_tex\_4\_A \* alfa\_tex\_4;

I\_tex\_B = q\_tex\_1\_B \* alfa\_tex\_1 +

+ q\_tex\_2\_B \* alfa\_tex\_2 +

+ q\_tex\_3\_B \* alfa\_tex\_3 +

+ q\_tex\_4\_B \* alfa\_tex\_4;

I\_tex\_C = q\_tex\_1\_C \* alfa\_tex\_1 +

+ q\_tex\_2\_C \* alfa\_tex\_2 +

+ q\_tex\_3\_C \* alfa\_tex\_3 +

+ q\_tex\_4\_C \* alfa\_tex\_4;

I\_tex\_D = q\_tex\_1\_D \* alfa\_tex\_1 +

+ q\_tex\_2\_D \* alfa\_tex\_2 +

+ q\_tex\_3\_D \* alfa\_tex\_3 +

+ q\_tex\_4\_D \* alfa\_tex\_4;

% наименьшее значение стоимости товара – наилучшее

P\_ek\_1 = [P\_ek\_1\_A P\_ek\_1\_B P\_ek\_1\_C P\_ek\_1\_D];

P\_ek\_ideal\_1 = min (P\_ek\_1);

q\_ek\_1\_A = P\_ek\_1\_A / P\_ek\_ideal\_1;

q\_ek\_1\_B = P\_ek\_1\_B / P\_ek\_ideal\_1;

q\_ek\_1\_C = P\_ek\_1\_C / P\_ek\_ideal\_1;

q\_ek\_1\_D = P\_ek\_1\_D / P\_ek\_ideal\_1;

% наименьшее значение стоимости доставки товара – наилучшее

P\_ek\_2 = [P\_ek\_2\_A P\_ek\_2\_B P\_ek\_2\_C P\_ek\_2\_D];

P\_ek\_ideal\_2 = min (P\_ek\_2);

q\_ek\_2\_A = P\_ek\_2\_A / P\_ek\_ideal\_2;

q\_ek\_2\_B = P\_ek\_2\_B / P\_ek\_ideal\_2;

q\_ek\_2\_C = P\_ek\_2\_C / P\_ek\_ideal\_2;

q\_ek\_2\_D = P\_ek\_2\_D / P\_ek\_ideal\_2;

%расчет группового экономического параметра

I\_ek\_A = q\_ek\_1\_A \* alfa\_ek\_1 +

+ q\_ek\_2\_A \* alfa\_ek\_2;

I\_ek\_B = q\_ek\_1\_B \* alfa\_ek\_1 +

+ q\_ek\_2\_B \* alfa\_ek\_2;

I\_ek\_C = q\_ek\_1\_C \* alfa\_ek\_1 +

+ q\_ek\_2\_C \* alfa\_ek\_2;

I\_ek\_D = q\_ek\_1\_D \* alfa\_ek\_1 +

+ q\_ek\_2\_D \* alfa\_ek\_2;

% наибольшее значение экологической безопасности – наилучшее

P\_norm\_1 = [P\_norm\_1\_A P\_norm\_1\_B P\_norm\_1\_C P\_norm\_1\_D];

P\_norm\_ideal\_1 = max (P\_norm\_1);

q\_norm\_1\_A = P\_norm\_1\_A / P\_norm\_ideal\_1;

q\_norm\_1\_B = P\_norm\_1\_B / P\_norm\_ideal\_1;

q\_norm\_1\_C = P\_norm\_1\_C / P\_norm\_ideal\_1;

q\_norm\_1\_D = P\_norm\_1\_D / P\_norm\_ideal\_1;

% наибольшее значение горючести – наилучшее

P\_norm\_2 = [P\_norm\_2\_A P\_norm\_2\_B P\_norm\_2\_C P\_norm\_2\_D];

P\_norm\_ideal\_2 = max (P\_norm\_2);

q\_norm\_2\_A = P\_norm\_2\_A / P\_norm\_ideal\_2;

q\_norm\_2\_B = P\_norm\_2\_B / P\_norm\_ideal\_2;

q\_norm\_2\_C = P\_norm\_2\_C / P\_norm\_ideal\_2;

q\_norm\_2\_D = P\_norm\_2\_D / P\_norm\_ideal\_2;

%расчет группового нормативного параметра

I\_norm\_A = q\_norm\_1\_A \* q\_norm\_2\_A;

I\_norm\_B = q\_norm\_1\_B \* q\_norm\_2\_B;

I\_norm\_C = q\_norm\_1\_C \* q\_norm\_2\_C;

I\_norm\_D = q\_norm\_1\_D \* q\_norm\_2\_D;

**%КОЭФФИЦИЕНТ КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ**:

K\_A = I\_norm\_A \* I\_tex\_A / I\_ek\_A

K\_B = I\_norm\_B \* I\_tex\_B / I\_ek\_B

K\_C = I\_norm\_C \* I\_tex\_C / I\_ek\_C

K\_D = I\_norm\_D \* I\_tex\_D / I\_ek\_D

K = [K\_A K\_B K\_C K\_D];

s = [1 2 3 4];

figure;

hold on;

grid on;

axis ([0 5 0 1.1])

plot (s, K, 'r\*');

title('KONKURENTOSPOSOBNOST');

xlabel('Firm');

ylabel('K');



**Заключение**

Проведя свою работу, я решила экономическую задачу: по повышению конкурентоспособности товара при минимизации затрат. Воспользовалась для этого теорией математической оптимизации.

Нашла наиболее оптимальную комбинацию потраченных средств на различные характеристики товара, для вывода его на уровень достаточный, для достойного функционирования фирмы на рынке.

Задача построена на реальных данных современного рынка лакокрасочной продукции. Заказчиком является фирма ЗАО «Химпоставщик-М». Полученным результатом компания удовлетворена и применила данные в разработке финансового плана распределения средств на следующий квартал.

### Литература

1. В.В. Лесин, Ю.П. Лисовец. Основы методов оптимизации – М.: Издательство МАИ, 1995. – 344 с.: ил.
2. Гончаров. В.А. Методы оптимизации / В.А. Гончаров. М.: изд. МИЭТ, 2008. 188 с.
3. А.В. Пантелеев, Т.А. Летова. Методы оптимизации в примерах и задачах – 2-е изд., исправл. – М.: Высш. Шк., 2005. – 544 с.: ил.
4. Электронный учебник. Методы оптимизации: http://optimizer.by.ru/branchborder.html
5. Гончров В.А. Курс лекций «Методы Оптимизации»
6. Статья из Internet-журнала Экономика: к.т.н., доц. Е.М. Белым и С.В. Барашковым (УлГУ), совместно с асп. И.А. Курамшиным (УлГУ), при участии И.А. Дюпюи (СПбГУЭФ).