Курсовая работа

по теме: **Оптимизация программы производства транспортировки продукции**

по дисциплине: **Математические методы и модели исследования операций**

**Задание**

Вариант задания (V) выбирается в соответствии с номером зачетной книжки.

1) Моделирование оптимальной производственной программы предприятия в условиях расширения производства с использованием кредита. Задача состоит в определении оптимальных производственных мощностей филиалов для производства определенного количества продукции различных видов.

2) Моделирование оптимальной структуры автопарка машин. Необходимо определить оптимальную структуру парка машин предприятия, которые будут транспортировать произведенную продукцию на оптовую базу при условии минимизации общих затрат на транспортировку.

3) Определение оптимального размера автопарка машин. Надо найти такое оптимальное количество машин, обслуживающих базу, при котором затраты на транспортировку будут минимальными, а продукция будет вывезена полностью.

**Содержание**

Введение

Моделирование оптимальной программы предприятия в условиях расширения производства с использованием кредита

Моделирование оптимальной структуры автопарка машин

Определение оптимального размера автопарка машин

Заключение

Список всех используемых источников

Приложение А

Приложение Б

Приложение В

Приложение Г

Приложение Д

Приложение Е

Приложение Ж

**Введение**

Экономико-математические методы (ЭММ) [economic-mathematical methods] — обобщающее название комплекса экономических и математических научных дисциплин, объединенных для изучения экономики.

Сейчас одним из наиболее хорошо разработанных и широко проверенных на практике методов решения задач оптимального планирования и управления является именно линейное программирование.

В свою очередь, теория массового обслуживания дает методику определения средней длины очереди и среднего времени ожидания для случая, когда скорости поступления заказов и их обслуживания известны. Если издержки, связанные с пребыванием в очереди и обслуживанием, определены, то можно и установить и оптимальное отношение между ними.

Экономико-математическая модель - математическая модель связи экономических характеристик и параметров системы.

Экономико-математическая модель описывает экономические процессы, объекты и связи с использованием математического аппарата.

Целью курсовой работы является решение учебной задачи, включающей в себя комплекс задач, условия которых максимально приближены к реальным.

**Моделирование оптимальной производственной программы предприятия в условиях расширения производства с использованием кредита**

Рассматривается задача об оптимальной загрузке оборудования, целью которой является подбор наиболее выгодной производственной программы выпуска нескольких видов продукции при использовании некоторого числа ограниченных запасов нефти.

Промышленное предприятие ОАО «Даль Промнефть», выпускающее 4 вида продукции (машинное масло, бензин, дизтопливо и резину), однородной по своему составу, имеет 3 филиала, которые занимаются производством данной продукции. Известны производственные мощности этих филиалов (таблица 2). На каждом из филиалов имеется определенный запас сырья для производства продукции (таблица 4). Известны объемы сырья, необходимые для получения одной единицы продукции каждого вида (таблица 5).

При данных мощностях предприятие не справляется с удовлетворением спроса на продукцию, поэтому перед руководством предприятия встает вопрос о расширении производства, что выражается либо в постройке новых филиалов, либо расширении имеющихся. Для этого руководство предприятия решает взять кредит. Известны потенциальные мощности существующих и новых филиалов (таблица 3). Для расширения производства предполагается приобретение за счет кредита нового дополнительного оборудования и дополнительных сырьевых ресурсов. Известно количество продукции, производимое одной единицей оборудования в год (таблица 6). Стоимость единицы оборудования для производства продукции каждого вида (βj) (таблица 6). Также известна стоимость единицы сырья. Известны удельные затраты на производство продукции Cyij. Известны капитальные удельные вложения Kyij.

Но одновременно переводить все три на потенциальные возможности и строить новых три филиала посчитали экономически не целесообразно. Поэтому встал вопрос о нахождении наиболее оптимального плана расширения мощностей, при котором затраты на производство продукции будут минимальными, а заказ будет выполнен полностью.

Таблица 1 – спрос на продукцию

|  |  |
| --- | --- |
| Спрос на продукцию (в тоннах) | |
| B1 | З9400 |
| B2 | 15600 |
| B3 | 12600 |
| B4 | 7300 |

Таблица 2 – производственные мощности филиалов

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Мощности филиалов | | B1 | B2 | B3 | B4 |
| Существующие мощности | A1 | 3400 | 5000 | 4000 | 4000 |
| A2 | 6000 | 5200 | 5000 | 4800 |
| A3 | 5000 | 4000 | 5100 | 2000 |

Таблица 3 – Потенциальные производственные мощности

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Мощности  филиалов (т) | | В1 | В2 | В3 | В4 |
| Потенциальные мощности существующих филиалов | А1\* | 10000 | 7400 | 9000 | 8000 |
| А2\* | 8600 | 7000 | 10000 | 7600 |
| А3\* | 6000 | 6000 | 10400 | 6000 |
| Потенциальные мощности новых филиалов | А4 | 8000 | 8600 | 8000 | 8000 |
| А5 | 8900 | 6000 | 9400 | 9000 |
| А6 | 10000 | 8000 | 8000 | 9400 |

Таблица 4 – Запасы сырья

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | А1 | А2 | А3 |
| Запасы сырья  (по филиалам) | 21400 | 22600 | 20600 |

Таблица 5 – Объем сырья для получения единицы продукции

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | В1 | В2 | В3 | В4 |
| lj | 1,17 | 1,13 | 1,1 | 1,08 |

Таблица 6 – Исходные данные по оборудованию

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | В1 | В2 | В3 | В4 |
| Количество продукции, производимое одной единицей оборудования в год | 4000 | 5000 | 6000 | 7000 |
| Стоимость единицы оборудования, для производства продукции j-того вида (тыс.руб/ед) | 15 | 12 | 11 | 10 |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 13 | 15 | 13 | 16 |
| 11 | 13 | 16 | 15 |
| 13 | 12 | 14 | 17 |
| 15 | 13 | 12 | 16 |
| 18 | 16 | 16 | 15 |
| 12 | 15 | 17 | 13 |

С={Cij}=

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 112 | 56 | 76 | 76 |
| 78 | 49 | 88 | 66 |
| 54 | 76 | 81 | 46 |
| 64 | 88 | 74 | 39 |
| 46 | 66 | 46 | 42 |
| 81 | 56 | 66 | 46 |

К={Kij}=

γ = 2290

Математическая модель.

V – номер варианта;

n – количество филиалов;

m – количество видов продукции;

Cyij – удельные затраты на производство продукции, i=1,6, j=1,4;

Kyij – капитальные удельные вложения, i=1,6, j=1,4;

bj – количество продукции, производимое одной единицей оборудования в год, j=1,4 ;

βj – стоимость единицы оборудования, для производства продукции j-того вида (тыс. руб./ед.), j=1,4;

xij – количество произведенной продукции j-того вида на i-ом филиале, i=1,6, j=1,4;

Bj – спрос на продукцию, j=1,4;

Ai - производственная мощность существующих филиалов, i=1,3;

A\*i – потенциальная мощность существующих филиалов, i=4,6;

Ai – потенциальная мощность новых филиалов, i=4,6;

Si – запас сырья для производства продукции на i-ом филиале, i=1,3;

Dij – затраты на сырье;

li – объем сырья для получения единицы продукции, i=1,3.

T - кредит;

T1 – кредит на сырье;

T2 – кредит на оборудование

γ – стоимость единицы сырья;

Ui – сырье существующих филиалов; i=1,6;

U\*i – сырье новых филиалов; i=1,3.

Q – количество сырья

Для автоматизированной обработки данных и вычислений используется пакет программ линейной оптимизации программного продукта Microsoft Excel.

Решение

Определяем оптимальные производственные мощности филиалов для производства определенного количества продукции различных видов с помощью транспортной задачи.

Постановка транспортной задачи.

Требуется определить объем производимой продукции j-того вида на i-ом филиале, т.е. xij, которое представлено в таблице расширения мощностей (см. рис.1 Приложение А)

X=|xij||; i=1,6, j=1,4

Целевая функция (затраты на производство)



F=1296806

Ограничения

1. На мощности (см. рис. 3 Приложение Б)

, i=1,6;

, i=1,3

1. На спрос (см. рис.4 Приложение Б)

, j=1,4

1. На запасы (см. рис.5 Приложение Б)

, i=1,3

Отчет по результатам (см. Приложение В) показывает какие ресурсы, на каких филиалах используются полностью, а какие не полностью.

Отчет по устойчивости (см. Приложение Г) позволяет нам увидеть, какие ресурсы дефицитные.

Для определения кредита используем формулу



При этом, для того, чтобы найти кредит на сырье, необходимо знать, сколько надо сырья для того, чтобы производить продукцию и стоимость единицы сырья.

Количество сырья для производительности продукции

,

Q = 10300

Для нахождения кредита на сырье, используем формулу



T1 = 23587000

Для того, чтобы найти кредит на оборудование, воспользуемся формулой

, i=1,6; j=1,4

T2= 180

Для расширения производства предприятию ОАО «Даль Промнефть» необходим кредит суммой 23587180

**Моделирование оптимальной структуры автопарка машин**

Теперь всю произведенную продукцию в течение месяца необходимо перевезти на оптовую базу. Перевозки осуществляются от i-того филиала на оптовую базу, известны расстояния от филиалов до оптовой базы. Также известна средняя скорость движения автомашины. Машинный парк предприятия состоит из 4-х видов машин, количество машин каждого вида и их грузоподъемность дано в таблице 7. Для каждого вида машин известны средняя стоимость эксплуатации машины в сутки и часовые затраты на горюче-смазочные материалы (Таблица 8).

Машинный парк предприятия ОАО «Даль Промнефть» работает в 2 смены по 8 часов. Среднее число рабочих дней в месяц = 22.

Предполагается, что грузы перевозятся от филиалов до оптовой базы, а не наоборот, поэтому количество продукции, перевозимое машинами, будут неотрицательными.

Затраты предприятия по использованию транспорта состоят из средней стоимости эксплуатации по видам транспорта в сутки, и суточных затрат на горюче-смазочные материалы в зависимости от среднего времени транспортировки груза.

Необходимо определить оптимальную структуру парка машин предприятия, которые будут транспортировать произведенную продукцию на оптовую базу при условии минимизации общих затрат на транспортировку.

Расстояния от филиалов до оптовой базы

(560; 260; 390; 220; 370; 220)

Таблица 7 (характеристика парка машин)

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Вид машин | ЗИЛ | МАЗ | КАМАЗ | УРАЛ |
| Количество, (шт) | 35 | 27 | 15 | 10 |
| Грузоподъемность, тонны | 10 | 15 | 25 | 40 |

Таблица 8 (Затраты на использование транспортных средств)

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Вид машины | ЗИЛ | МАЗ | КАМАЗ | УРАЛ |
| di, руб/сутки | 50 | 65 | 70 | 75 |
| γi, руб/час | 1,6 | 1,8 | 2 | 2,2 |

Математическая модель.

n – вид транспортного средства;

mi – количество машин i-го типа, i=1,4;

Si – расстояния от филиалов до оптовой базы, i=1,6;

W – средняя скорость движения автомашины;

pi – грузоподъемность, i=1,4;

γi часовые затраты на горюче-смазочные материалы, i=1,4;

di – средняя скорость эксплуатации машины в сутки, i=1,4;

Tij – среднее время транспортировки груза для каждого типа транспорта и груза, i=1,4, j=1,4;

R – рейсы;

Cij удельные произведенные затраты на перевозку единицы груза, i=1,4; j=1,4;

Ai – мощность автомашины, i=1,4;

Bj – потребность в продукции, j=1,4;

λij – удельная грузоподъемность транспортного средства, i=1,4, j=1,4;

xij – объем перевозок, i=1,4, j=1,4;

Kij – количество автомашин каждого филиала, i=1,4, j=1,4;

t – количество часов в смену;

V – количество смен;

P – количество рабочих дней;

Q\* - оптимальная структура парка машин;

Qij – количество автомашин, i=1,4, j=1,4.

Решение.

Определяем минимальные общие затраты на транспортировку, с помощью универсальной транспортной задачи.

Постановка Универсальной транспортной задачи.

Найдем среднее время транспортировки груза (см. рис.6 Приложения Д), для этого используем формулу

, i=1,4, j=1,4

Определим мощности транспортных средств по формуле

, i=1,4

Получим

A1 = 12320 маш.-ч,

A2 = 9504 маш.-ч,

A3 = 5280 маш.-ч,

A4 = 3520 маш.-ч.

Далее рассчитаем удельные приведенные затраты (см. рис.7 Приложение Д) по формуле

, i=1,4, j=1,4

После этого рассчитываем показатель удельной производительности

, i=1,4, j=1,4

После этого можно определить минимальные общие затраты на транспортировку.

Целевая функция

, i=1,4, j=1,4

F=1318667

Ограничения

1. на мощности филиалов

, i=1,4, j=1,4

1. на потребность в продукции

, i=1,4, j=1,4

Объем перевозок j-го вида продукции на i-ом виде транспорта представлен на рис. 8 Приложения Е.

После этого определяем, сколько необходимо предприятию ОАО «Даль Промнефть» автомашин каждого вида и для каждого филиала (см. рис.9 Приложение Е)

, i=1,4, j=1,4

А теперь по формуле

, i=1,4, j=1,4

Q\*= 64

Оптимальная структура парка машин предприятия ОАО «Даль Промнефть» должна состоять из 64 машин, которые будут транспортировать произведенную продукцию на оптовую базу при минимальных затратах на транспортировку.

**Определение оптимального размера автопарка машин**

С оптовой базы продукция поступает в розничную продажу. Потребители расположены в черте города, где расположена оптовая база. Для транспортировки используется парк машин, оптимальная структура которого равна 64 машины. Продукция, поступившая на оптовую базу, должна обрабатываться и доставляться потребителям в тот же день.

Допустим, предприятие работает 5 дней в неделю, в 3 смены по 8 часов каждая. Расстояние от оптовой базы до потребителей неизвестно, но известно, что каждая из машин может сделать 2 рейса в смену. Принять допущение, что по окончанию рабочей смены рейс не прерывается, а его окончание переносится на следующую рабочую смену.

При достаточно большом поступлении продукции на оптовую базу, возможна сверхурочная работа.

Поток продукции поступающей на оптовую базу подчиняется нормальному закону распределения. Для того, чтобы не выяснять в данном случае аналитические зависимости, воспользуемся выборкой из случайного нормального распределения (Таблица 9).

Предполагается, что неизвестны конкретные объемы грузов поступающих и вывозимых с оптовой базы, но известно среднее количество груза, поступающего на базу за день. Также предполагается, что груз к концу рабочей недели полностью вывозится с оптовой базы. Количество машин, которое необходимо вычислить, является целым неотрицательным числом.

Требуется определить оптимальный размер парка машин, необходимых для доставки продукции с оптовой базы к потребителям. Критерием оптимальности служит минимизация общих затрат, складывающихся из затрат на эксплуатацию транспортных средств и затрат на часы сверхурочной работы при доставке груза.

Система обслуживания потребителей представляет собой систему дискретного типа со скачкообразным переходом из одного состояния в другое при каком-либо событии. Например, изменяя количество машин, можно изменить затраты на транспортировку грузов, скорость их доставки.

Известны затраты, связанные с обслуживанием машин: затраты на эксплуатацию одной машины в день и затраты на сверхурочную работу, а также скорость поступления грузов на базу. Обозначим за скорость обслуживания поступивших грузов количество машин, обслуживающих базу. Количество машин нужно установить с учетом требования минимизации затрат на транспортировку. Поток поступления грузов является нерегулярным, поэтому оптимальное соотношение между группами затрат можно установить подбором закона управления средствами обслуживания (машинами), а все необходимые величины найти аналитическим путем, без эксперимента. Данный анализ можно произвести с помощью метода Монте-Карло, представляющего собой применение процедуры «неограниченной случайной выборки» отдельных элементов на множестве таким образом, чтобы вероятность выборки каждого элемента была одинаковой. Метод представляет собой моделирование эксперимента для определения вероятностных свойств множества событий.

Метод Монте-Карло, или метод статистических испытаний применяется в тех экономических задачах, в которых решение определяется случайными факторами и обстоятельствами, часто оказывается невозможным установить необходимые аналитические зависимости между различными экономическими показателями. В этих случаях приходится прибегать к искусственному воссозданию случайных процессов, подобных тем, которые имеют место на практике и могут быть, благодаря такому моделированию легко исследованы.

Идея метода состоит в том, что производится «розыгрыш» случайного явления с помощью специально организованной процедуры, включающей в себя случайность и дающей случайный результат. В действительности конкретная реализация случайного процесса складывается каждый раз по-иному, также как и в результате статистического моделирования, мы получаем каждый раз новую реализацию исследуемого процесса. Если реализацией получено множество, то его можно исследовать как искусственно полученный статистический материал, который может быть обработан обычными методами математической статистики.

Найдем такое оптимальное количество машин обслуживающих базу, при котором затраты на транспортировку будут минимальными, и продукция будет вывезена полностью.

Затраты на транспортировку представляют собой функцию дискретного типа, то есть скачкообразно изменяются при изменении числа машин, количества поступивших на базу грузов, и объемов сверхурочной работы.

Итак, чтобы записать целевую функцию, прибегаем к моделированию потоков вывоза и ввоза с помощью метода Монте-Карло, который позволяет использовать известные средние объемы поступления груза в день. Так как АТП работает пять дней в неделю, то и моделировать будем на этот период и оптимальное количество машин рассчитаем также на пять дней.

Предполагается, что количество машин – целое число и подчиняется условиям неотрицательности, то есть дискретно, тогда минимальное значение функции Q\* от количества машин будет также дискретно. Целевая функция является дискретной функцией одной переменной, так как остальные компоненты известны. Поэтому решение находим не через производные, а используя метод перебора. Причем остановка в переборе значений количества машин будет в случае, если значение целевой функции будет удовлетворять условию:

Q(n-1)>Q(n\*)<Q(n+1)

Cэксп=28 руб./сутки

Gсв=16 руб./час

R=2

V=3

P=6

Таблица 9 (таблица случайных чисел)

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| α | -1,473 | -0,851 | 0,210 | 1,266 | -0,574 |
| β | 0,034 | 0,234 | -0,736 | -1,206 | -0,491 |

Математическая модель

Q\*- общие затраты по автопарку;

 - общее число поступающей продукции, подлежащее доставке в i-тый день (Bi\*);

 - общее число продукции, которое может быть доставлено в течение рабочего дня;

 - число продукции, которое может быть доставлено в течение рабочего дня одной машиной (Di);

n – количество машин автопарка(12,27,15,10);

dрд – длительность рабочего дня = q\*H;

Gсв - затраты на сверхурочную работу;

Сэкс - затраты на эксплуатацию одной машины в день;

Т – количество рабочих дней в неделю - 5;

-среднее количество груза на одну машину в день;

ΔВ – стандартное отклонение от ;

- среднесуточное поступление продукции на базу;

ΔA - стандартное отклонение от .

Количество груза ввозимое на базу

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| месяц | 14900 | 29500 | 20100 | 400 | 10000 |
| день | 677,3 | 1340,9 | 913,6 | 18,1 | 454,5 |

Количество груза вывозимое с базы

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | B1 | B2 | B3 | B4 | B5 |
| A1 | 0 | 0 | 696 | 0 | 0 |
| A2 | 0 | 342 | 2088 | 0 | 0 |
| A3 | 1230 | 1020 | 0 | 0 | 0 |
| A4 | 1733 | 0 | 0 | 0 | 657 |

Количество груза на одну машину за день

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | B1 | B2 | B3 | B4 | B5 |
| A1 | 0 | 0 | 60 | 0 | 0 |
| A2 | 0 | 90 | 90 | 0 | 0 |
| A3 | 150 | 150 | 0 | 0 | 0 |
| A4 | 240 | 0 | 0 | 0 | 240 |

Целевая функция данной задачи представлена формулой:



Решение представлено в виде таблицы (рис. 10 Приложение Ж)

В 3-ем и 6-ом столбцах полученной таблицы приведены выборки из нормального случайного распределения. Для того чтобы преобразить эти стандартные единицы в истинное количество тонн, необходимо умножить число этих единиц на стандартное отклонение и прибавить к средней величине. В 4-ом столбце рассчитывается общее число поступающей продукции, подлежащей доставке в i-тый день.

∆

В 5-ом столбце рассчитывается общее количество груза, подлежащего доставке с учетом остатка предыдущего дня, по формуле:

Bi=Bi\*+di-1

где di-1 – остаток груза, не вывезенного с предыдущего дня.

В 7-ом столбце рассчитывается количество продукции, которое может быть доставлено в течение рабочего дня одной машиной.

∆

В 8-ом столбце рассчитывается количество груза, оставшегося для обработки при отсутствии сверхурочного времени, по формуле:

di=Bi-Di

В 9-том столбце рассчитывается количество груза подлежащего отправке в сверхурочное время по формуле:

Di\*= Bi\*-Di

В 10-ом столбце рассчитывается стоимость сверхурочной доставки, в предположении, что скорость обслуживания в течение всех пяти дней остается неизменной



Общие затраты по автопарку, включая обслуживание машин:

Q\* = S Qi + n Cэк T

Наиболее эффективным оказался парк из 42 машины с общими затратами 5460 рублей в неделю.

**Заключение**

В курсовой работе было рассмотрено применение математических методов для решения таких задач, как задачи планирования, управления и экономического анализа.

В настоящее время экономическая жизнь предприятия, региона, страны во многом определяется способностью с необходимой точностью описать явления экономики, умением анализировать ведение хозяйства.

Рассмотренная производственная функция представляет собой зависимость между набором факторов производства и максимально возможным объемом продукта, производимым с помощью данного набора факторов. Определяется минимальное количество затрат, необходимых для производства данного объема продукта.

В ходе выполнения работы были закреплены навыки обработки экономических данных, а именно, проводилось:

а) определение оптимальных производственных мощностей филиалов для производства определенного количества продукции различных видов при использовании некоторого числа ограниченных источников ресурсов;

б) планирование объема транспортировки груза на оптовую базу и определение при этом оптимальной структуры автопарка машин;

в) моделирование эксперимента для определения оптимального автопарка машин.

**Список использованных источников**

1. Исследование операций в экономике: Учебн.пособие для вузов/ Н.Ш.Кремер, Б.А.Путко; Под ред. Проф. Н.Ш.Кремера. – М.: Банки и биржи, ЮНИТИ, 1997. – 407с.

2. Математические методы и модели исследования операций: учеб. Пособие для вузов, обучающихся по специальности 061800 «Математические методы в экономике»/ Б.Т.Кузнецов.- М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2005. – 390с.

3. Акулич И.Л. Математическое программирование в примерах и задачах/ И.Л.Акулич. М.:Высш.шк., 1986. – 320с.

4. Афанасьев М.Ю., Багриновский К.А., Матюшок В.М. Прикладные задачи исследования операций: Учеб. Пособие. – М.: ИНФРА-М, 2006. – 352с.

5. Венцель Е.С. Введение в исследование операций/ Е.С.Венцель. М.: Сов.радио, 1972. – 551с.

6. Пазюк К.Т. Математические методы и модели в экономике: практикум/ К.Т.Пазюк. – Хабаровск: Изд-во Тихоокеан. гос. ун-та, 2006. – 104с.

**Приложение А**

Рисунок 1 – таблица расширения мощностей

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Существующие мощности | А1 | 3400 | 5000 | 4000 | 2500 |
| А2 | 6000 | 5200 | 3500 | 4800 |
| А3 | 5000 | 4000 | 5100 | 0 |
| Потенциальные мощности | \*А1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| \*А2 | 8600 | 1400 | 0 | 0 |
| \*А3 | 6000 | 0 | 0 | 0 |
| Новые мощности | А4 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| А5 | 400 | 0 | 0 | 0 |
| А6 | 10000 | 0 | 0 | 0 |

Рисунок 2 – таблица сырьевых затрат

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | | В1 | В2 | В3 | В4 |
| Существующие мощности | А1 | 3978 | 5650 | 4400 | 2700 |
| А2 | 7020 | 5876 | 3850 | 5184 |
| А3 | 5850 | 4520 | 5610 | 0 |
| Потенциальные мощности | \*А1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| \*А2 | 10062 | 1582 | 0 | 0 |
| \*А3 | 7020 | 0 | 0 | 0 |
| Новые мощности | А4 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| А5 | 468 | 0 | 0 | 0 |
| А6 | 11700 | 0 | 0 | 0 |

**Приложение Б**

Рисунок 3 - Ограничения на мощности филиалов

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  | В1 | В2 | В3 | В4 |
| существующие мощности | А1 | 3400 | 5000 | 4000 | 4000 |
| А2 | 6000 | 5200 | 5000 | 4800 |
| А3 | 5000 | 4000 | 5100 | 2000 |
| потенциальные мощности | \*А1 | 10000 | 7400 | 9000 | 8000 |
| \*А2 | 8600 | 7000 | 10000 | 7600 |
| \*А3 | 6000 | 6000 | 10400 | 6000 |
| новые мощности | А4 | 8000 | 8600 | 8000 | 8000 |
| А5 | 8900 | 6000 | 9400 | 9000 |
| А6 | 10000 | 8000 | 8000 | 9400 |

Рисунок 4 - Ограничение на спрос на продукцию

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | В1 | В2 | В3 | В4 |
| спрос на продукцию | 39400 | 15600 | 12600 | 7300 |

Рисунок 5 - Ограничение на запасы сырья

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| А1 | А2 | А3 |
| 21400 | 22600 | 20600 |

**Приложение В**

Отчет по результатам

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  |  |
| Целевая ячейка (Минимум) | | | |  |
|  | **Ячейка** | **Имя** | **Исходное значение** | **Результат** |
|  | $K$43 | ЦФ В4 | 0 | 1296806 |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
| Изменяемые ячейки | | |  |  |
|  | **Ячейка** | **Имя** | **Исходное значение** | **Результат** |
|  | $H$20 | А1 В1 | 0 | 3400 |
|  | $I$20 | А1 В2 | 0 | 5000 |
|  | $J$20 | А1 В3 | 0 | 4000 |
|  | $K$20 | А1 В4 | 0 | 2500 |
|  | $H$21 | А2 В1 | 0 | 6000 |
|  | $I$21 | А2 В2 | 0 | 5200 |
|  | $J$21 | А2 В3 | 0 | 3500 |
|  | $K$21 | А2 В4 | 0 | 4800 |
|  | $H$22 | А3 В1 | 0 | 5000 |
|  | $I$22 | А3 В2 | 0 | 4000 |
|  | $J$22 | А3 В3 | 0 | 5100 |
|  | $K$22 | А3 В4 | 0 | 0 |
|  | $H$23 | \*А1 В1 | 0 | 0 |
|  | $I$23 | \*А1 В2 | 0 | 0 |
|  | $J$23 | \*А1 В3 | 0 | 0 |
|  | $K$23 | \*А1 В4 | 0 | 0 |
|  | $H$24 | \*А2 В1 | 0 | 8600 |
|  | $I$24 | \*А2 В2 | 0 | 1400 |
|  | $J$24 | \*А2 В3 | 0 | 0 |
|  | $K$24 | \*А2 В4 | 0 | 0 |
|  | $H$25 | \*А3 В1 | 0 | 6000 |
|  | $I$25 | \*А3 В2 | 0 | 0 |
|  | $J$25 | \*А3 В3 | 0 | 0 |
|  | $K$25 | \*А3 В4 | 0 | 0 |
|  | $H$26 | А4 В1 | 0 | 0 |
|  | $I$26 | А4 В2 | 0 | 0 |
|  | $J$26 | А4 В3 | 0 | 0 |
|  | $K$26 | А4 В4 | 0 | 0 |
|  | $H$27 | А5 В1 | 0 | 400 |
|  | $I$27 | А5 В2 | 0 | 0 |
|  | $J$27 | А5 В3 | 0 | 0 |
|  | $K$27 | А5 В4 | 0 | 0 |
|  | $H$28 | А6 В1 | 0 | 10000 |
|  | $I$28 | А6 В2 | 0 | 0 |
|  | $J$28 | А6 В3 | 0 | 0 |
|  | $K$28 | А6 В4 | 0 | 0 |

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Ограничения | | |  |  |  |  |
|  | Ячейка | Имя | Значение | Формула | Статус | Разница |
|  | $M$21 | А2 сырье | 19500 | $M$21<=$C$36 | не связан. | 3100 |
|  | $M$22 | А3 сырье | 14100 | $M$22<=$D$36 | не связан. | 6500 |
|  | $M$20 | А1 сырье | 14900 | $M$20<=$B$36 | не связан. | 6500 |
|  | $H$29 | В1 | 39400 | $H$29=$C$3 | не связан. | 0 |
|  | $I$29 | В2 | 15600 | $I$29=$D$3 | не связан. | 0 |
|  | $J$29 | В3 | 12600 | $J$29=$E$3 | не связан. | 0 |
|  | $K$29 | В4 | 7300 | $K$29=$F$3 | не связан. | 0 |
|  | $H$20 | А1 В1 | 3400 | $H$20<=$D$7 | связанное | 0 |
|  | $H$21 | А2 В1 | 6000 | $H$21<=$D$8 | связанное | 0 |
|  | $H$22 | А3 В1 | 5000 | $H$22<=$D$9 | связанное | 0 |
|  | $H$23 | \*А1 В1 | 0 | $H$23<=$D$10 | не связан. | 10000 |
|  | $H$24 | \*А2 В1 | 8600 | $H$24<=$D$11 | связанное | 0 |
|  | $H$25 | \*А3 В1 | 6000 | $H$25<=$D$12 | связанное | 0 |
|  | $H$26 | А4 В1 | 0 | $H$26<=$D$13 | не связан. | 8000 |
|  | $H$27 | А5 В1 | 400 | $H$27<=$D$14 | не связан. | 8500 |
|  | $H$28 | А6 В1 | 10000 | $H$28<=$D$15 | связанное | 0 |
|  | $I$20 | А1 В2 | 5000 | $I$20<=$E$7 | связанное | 0 |
|  | $I$21 | А2 В2 | 5200 | $I$21<=$E$8 | связанное | 0 |
|  | $I$22 | А3 В2 | 4000 | $I$22<=$E$9 | связанное | 0 |
|  | $I$23 | \*А1 В2 | 0 | $I$23<=$E$10 | не связан. | 7400 |
|  | $I$24 | \*А2 В2 | 1400 | $I$24<=$E$11 | не связан. | 5600 |
|  | $I$25 | \*А3 В2 | 0 | $I$25<=$E$12 | не связан. | 6000 |
|  | $I$26 | А4 В2 | 0 | $I$26<=$E$13 | не связан. | 8600 |
|  | $I$27 | А5 В2 | 0 | $I$27<=$E$14 | не связан. | 6000 |
|  | $I$28 | А6 В2 | 0 | $I$28<=$E$15 | не связан. | 8000 |
|  | $J$20 | А1 В3 | 4000 | $J$20<=$F$7 | связанное | 0 |
|  | $J$21 | А2 В3 | 3500 | $J$21<=$F$8 | не связан. | 1500 |
|  | $J$22 | А3 В3 | 5100 | $J$22<=$F$9 | связанное | 0 |
|  | $J$23 | \*А1 В3 | 0 | $J$23<=$F$10 | не связан. | 9000 |
|  | $J$24 | \*А2 В3 | 0 | $J$24<=$F$11 | не связан. | 10000 |
|  | $J$25 | \*А3 В3 | 0 | $J$25<=$F$12 | не связан. | 10400 |
|  | $J$26 | А4 В3 | 0 | $J$26<=$F$13 | не связан. | 8000 |
|  | $J$27 | А5 В3 | 0 | $J$27<=$F$14 | не связан. | 9400 |
|  | $J$28 | А6 В3 | 0 | $J$28<=$F$15 | не связан. | 8000 |
|  | $K$20 | А1 В4 | 2500 | $K$20<=$G$7 | не связан. | 1500 |
|  | $K$21 | А2 В4 | 4800 | $K$21<=$G$8 | связанное | 0 |
|  | $K$22 | А3 В4 | 0 | $K$22<=$G$9 | не связан. | 2000 |
|  | $K$23 | \*А1 В4 | 0 | $K$23<=$G$10 | не связан. | 8000 |
|  | $K$24 | \*А2 В4 | 0 | $K$24<=$G$11 | не связан. | 7600 |
|  | $K$25 | \*А3 В4 | 0 | $K$25<=$G$12 | не связан. | 6000 |
|  | $K$26 | А4 В4 | 0 | $K$26<=$G$13 | не связан. | 8000 |
|  | $K$27 | А5 В4 | 0 | $K$27<=$G$14 | не связан. | 9000 |
|  | $K$28 | А6 В4 | 0 | $K$28<=$G$15 | не связан. | 9400 |

**Приложение Г**

Отчет по устойчивости

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Изменяемые ячейки | | |  |  |  |  |  |
|  |  |  | **Результ.** | **Нормир.** | **Целевой** | **Допустимое** | **Допустимое** |
|  | **Ячейка** | **Имя** | **значение** | **стоимость** | **Коэффициент** | **Увеличение** | **Уменьшение** |
|  | $H$20 | А1 В1 | 3400 | -12,82 | 13 | 12,82 | 1E+30 |
|  | $I$20 | А1 В2 | 5000 | -6,33 | 15 | 6,33 | 1E+30 |
|  | $J$20 | А1 В3 | 4000 | -3 | 13 | 3 | 1E+30 |
|  | $K$20 | А1 В4 | 2500 | 0 | 16 | 1 | 1 |
|  | $H$21 | А2 В1 | 6000 | -14,82 | 11 | 14,82 | 1E+30 |
|  | $I$21 | А2 В2 | 5200 | -8,33 | 13 | 8,33 | 1E+30 |
|  | $J$21 | А2 В3 | 3500 | 0 | 16 | 7,82 | 2 |
|  | $K$21 | А2 В4 | 4800 | -1 | 15 | 1 | 1E+30 |
|  | $H$22 | А3 В1 | 5000 | -12,82 | 13 | 12,82 | 1E+30 |
|  | $I$22 | А3 В2 | 4000 | -9,33 | 12 | 9,33 | 1E+30 |
|  | $J$22 | А3 В3 | 5100 | -2 | 14 | 2 | 1E+30 |
|  | $K$22 | А3 В4 | 0 | 1 | 17 | 1E+30 | 1 |
|  | $H$23 | \*А1 В1 | 0 | 6,22 | 32,04 | 1E+30 | 6,22 |
|  | $I$23 | \*А1 В2 | 0 | 3,19 | 24,52 | 1E+30 | 3,19 |
|  | $J$23 | \*А1 В3 | 0 | 9,92 | 25,92 | 1E+30 | 9,92 |
|  | $K$23 | \*А1 В4 | 0 | 12,92 | 28,92 | 1E+30 | 12,92 |
|  | $H$24 | \*А2 В1 | 8600 | -1,56 | 24,26 | 1,56 | 1E+30 |
|  | $I$24 | \*А2 В2 | 1400 | 0 | 21,33 | 3,19 | 6,33 |
|  | $J$24 | \*А2 В3 | 0 | 14,96 | 30,96 | 1E+30 | 14,96 |
|  | $K$24 | \*А2 В4 | 0 | 10,22 | 26,22 | 1E+30 | 10,22 |
|  | $H$25 | \*А3 В1 | 6000 | -3,64 | 22,18 | 3,64 | 1E+30 |
|  | $I$25 | \*А3 В2 | 0 | 3,59 | 24,92 | 1E+30 | 3,59 |
|  | $J$25 | \*А3 В3 | 0 | 11,77 | 27,77 | 1E+30 | 11,77 |
|  | $K$25 | \*А3 В4 | 0 | 8,82 | 24,82 | 1E+30 | 8,82 |
|  | $H$26 | А4 В1 | 0 | 0,06 | 25,88 | 1E+30 | 0,06 |
|  | $I$26 | А4 В2 | 0 | 6,63 | 27,96 | 1E+30 | 6,63 |
|  | $J$26 | А4 В3 | 0 | 8,58 | 24,58 | 1E+30 | 8,58 |
|  | $K$26 | А4 В4 | 0 | 6,63 | 22,63 | 1E+30 | 6,63 |
|  | $H$27 | А5 В1 | 400 | 0 | 25,82 | 0,06 | 0,05 |
|  | $I$27 | А5 В2 | 0 | 5,89 | 27,22 | 1E+30 | 5,89 |
|  | $J$27 | А5 В3 | 0 | 7,82 | 23,82 | 1E+30 | 7,82 |
|  | $K$27 | А5 В4 | 0 | 6,14 | 22,14 | 1E+30 | 6,14 |
|  | $H$28 | А6 В1 | 10000 | -0,05 | 25,77 | 0,05 | 1E+30 |
|  | $I$28 | А6 В2 | 0 | 3,19 | 24,52 | 1E+30 | 3,19 |
|  | $J$28 | А6 В3 | 0 | 12,22 | 28,22 | 1E+30 | 12,22 |
|  | $K$28 | А6 В4 | 0 | 4,82 | 20,82 | 1E+30 | 4,82 |

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Ограничения | | |  |  |  |  |  |
|  |  |  | Результ. | Теневая | Ограничение | Допустимое | Допустимое |
|  | Ячейка | Имя | значение | Цена | Правая часть | Увеличение | Уменьшение |
|  | $M$21 | А2 сырье | 19500 | 0 | 22600 | 1E+30 | 3100 |
|  | $M$22 | А3 сырье | 14100 | 0 | 20600 | 1E+30 | 6500 |
|  | $M$20 | А1 сырье | 14900 | 0 | 21400 | 1E+30 | 6500 |
|  | $H$29 | В1 | 39400 | 25,82 | 39400 | 8500 | 400 |
|  | $I$29 | В2 | 15600 | 21,33 | 15600 | 5600 | 1400 |
|  | $J$29 | В3 | 12600 | 16 | 12600 | 1500 | 3500 |
|  | $K$29 | В4 | 7300 | 16 | 7300 | 1500 | 2500 |

**Приложение Д**

Рисунок 6 - среднее время транспортировки груза

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 11,67 | 5,42 | 8,13 | 4,58 | 7,71 |
| 11,67 | 5,42 | 8,13 | 4,58 | 7,71 |
| 11,67 | 5,42 | 8,13 | 4,58 | 7,71 |
| 11,67 | 5,42 | 8,13 | 4,58 | 7,71 |

Tij =

Cij =

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 55,13 | 51,19 | 38,39 | 64,97 | 72,84 |
| 68,40 | 63,51 | 47,63 | 80,61 | 90,38 |
| 74,38 | 69,06 | 51,80 | 87,66 | 98,28 |
| 80,35 | 74,61 | 55,96 | 94,70 | 106,18 |

Рисунок 7 - удельные приведенные затраты на перевозку единицы груза

**Приложение Е**

Рисунок 8 – объем перевозок

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | B1 | B2 | B3 | B4 | B5 |  |
|  | 14900 | 29500 | 20100 | 400 | 10000 |  |
| A1 | 55,13 | 51,19 | 38,39 | 64,97 | 72,84 |  |
| 12320 | 0,00 | 0,00 | 4083,44 | 0,00 | 0,00 | 4083,444 |
| 0,86 | 3,69 | 1,23 | 6,55 | 2,59 |  |
| A2 | 68,40 | 63,51 | 47,63 | 80,61 | 90,38 |  |
| 9504 | 0,00 | 1338,80 | 8165,20 | 0,00 | 0,00 | 9504 |
| 1,29 | 5,54 | 1,85 | 9,82 | 3,89 |  |
| A3 | 74,38 | 69,06 | 51,80 | 87,66 | 98,28 |  |
| 5280 | 2887,44 | 2392,56 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 5280 |
| 2,14 | 9,23 | 3,08 | 16,36 | 6,49 |  |
| A4 | 80,35 | 74,61 | 55,96 | 94,70 | 106,18 |  |
| 3520 | 2541,18 | 0,00 | 0,00 | 15,28 | 963,54 | 3520 |
| 3,43 | 14,77 | 4,92 | 26,18 | 10,38 |  |
|  | 14900 | 29500 | 20100 | 400 | 10000 |  |

Рисунок 9 - количество автомашин каждого вида и для каждого филиала

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | B1 | B2 | B3 | B4 | B4 |
| A1 | 0 | 0 | 12 | 0 | 0 |
| A2 | 0 | 4 | 23 | 0 | 0 |
| A3 | 8 | 7 | 0 | 0 | 0 |
| A4 | 7 | 0 | 0 | 0 | 3 |

**Приложение Ж**

Рисунок 10 - сводная таблица расчетов

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Ко-во машин, дни | | Количество продукции, подлежащее отправке | | Кол-во продукции, которое может быть отправлено | | | Кол-во неотп-равленой продукции | Кол-во продукции, сверхурочно отправленной | Издержки на сверхурочное время |
| n | Ti |  | Bi\* | Bi |  | Di | di | Di\* | Qi |
| 41 | 1 | -1,473 | -48,272 | -48,27 | 0,034 | 208,9 | 0 | 0 | 0 |
| 2 | -0,851 | 259,64 | 259,64 | 0,234 | 237,4 | 0 | 0 | 0 |
| 3 | 0,21 | 784,87 | 784,87 | -0,736 | 98,8 | 0 | 0 | 0 |
| 4 | 1,266 | 1307,6 | 1307,6 | -1,206 | 31,62 | 11,111 | 11,11 | 4840,4 |
| 5 | -0,574 | 396,76 | 407,87 | -0,491 | 133,8 | 0 | 0 | 0 |
| Q\* = Qi + n Cэк T | | | | 10 170,36 | |  |  |  |  |
| 42 | 1 | -1,473 | -48,272 | -48,27 | 0,034 | 208,9 | 0 | 0 | 0 |
| 2 | -0,851 | 259,64 | 259,64 | 0,234 | 237,4 | 0 | 0 | 0 |
| 3 | 0,21 | 784,87 | 784,87 | -0,736 | 98,8 | 0 | 0 | 0 |
| 4 | 1,266 | 1307,6 | 1307,6 | -1,206 | 31,62 | 0 | 0 | 0 |
| 5 | -0,574 | 396,76 | 396,76 | -0,491 | 133,8 | 0 | 0 | 0 |
| Q\* = Qi + n Cэк T | | | | 5 460,00 | |  |  |  |  |
| 43 | 1 | -1,473 | -48,272 | -48,27 | 0,034 | 208,9 | 0 | 0 | 0 |
| 2 | -0,851 | 259,64 | 259,64 | 0,234 | 237,4 | 0 | 0 | 0 |
| 3 | 0,21 | 784,87 | 784,87 | -0,736 | 98,8 | 0 | 0 | 0 |
| 4 | 1,266 | 1307,6 | 1307,6 | -1,206 | 31,62 | 0 | 0 | 0 |
| 5 | -0,574 | 396,76 | 396,76 | -0,491 | 133,8 | 0 | 0 | 0 |
| Q\* = Qi + n Cэк T | | | | 5 590,00 | |  |  |  |  |