

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЛИЧЕСТВА И КООРДИНАТ СКЛАДОВ В РЕГИОНЕ

Определение месторасположения склада

Для определения месторасположения распределительного склада в регионе необходимо знать:

- месторасположение (координаты X , Y) фирм производителей и потребителей данной продукции (клиентов);
- объемы поставок продукции (Q);
- маршруты доставки (характеристику транспортной сети);
- затраты (или тарифы) на транспортные услуги (T).

| Вариант определения координат склада | Количество | Способ учета расстояний между объектами | Описание метода |
|--|-------------------------------------|--|---|
| 1. Месторасположение склада выбирается на территории одного из объектов распределительной ети | Один | Кратчайшее расстояние: $r_{ij} = \sqrt{(x_i - x_c)^2 + (y_i - y_c)^2}$ где x_i, y_i - координаты поставщика, потребителя; x_c, y_c - координаты склада | Минимизация транспортной работы: $D_j = \sum Q_{ij} \times r_{ij} \rightarrow \min$ |
| | | “Манхэттенское расстояние”: | Минимизация транспортной работы: $D_j = \sum Q_{ij} \times d_{ij} \rightarrow \min.$ |
| | Несколько складов (кол-во известно) | Оба способа учета расстояния между объектами $d_{ij} = x_i - x_c + y_i - y_c $ | Минимизация грузооборота (суммарных логистических затрат) на основе транспортно-производственной задачи |
| 2. Расположение склада определяется с учетом координат размещения объектов складской распределительной системы | Один | “Манхэттенское расстояние” | $P_c = \begin{cases} Q_i x_i - x_c \rightarrow \min; \\ Q_i y_i - y_c \rightarrow \min \end{cases}$ |
| 3. Месторасположение склада определяется с учетом выбранного критерия оптимизации (физ. или экономического) | Один | Расстояние до объекта определяется от начала координат по оси X и Y | Метод центра тяжести: $x_c = \frac{\sum Q_i x_i}{\sum Q_i}; \quad y_c = \frac{\sum Q_i y_i}{\sum Q_i}$ |

| Вариант определения координат склада | Кол-во | Способ учета расстояний между объектами | Описание метода |
|--------------------------------------|-------------------------------------|--|--|
| | | | Центр тяжести по тарифу: $x_c = \frac{\sum T_i x_i Q_i}{\sum T_i Q_i} \quad y_c = \frac{\sum T_i y_i Q_i}{\sum T_i Q_i}$ |
| | | Кратчайшее расстояние | Метод центра тяжести до расстояния: $x_c = \frac{\sum \frac{x_i}{d_i}}{\sum \frac{1}{d_i}} \quad y_c = \frac{\sum \frac{y_i}{d_i}}{\sum \frac{1}{d_i}}$ |
| | Несколько складов (кол-во известно) | Кратчайшее расстояние "Манхэттенское расстояние" | Метод СПбГИЭУ* на основе транспортной задачи; прикладные пакеты программ |

* Метод СПбГИЭУ разработан на кафедре логистики и организации перевозок Санкт-Петербургского государственного инженерно-экономического университета.

Пример 1.

Определить координаты склада при различных вариантах и способах учета расстояния между объектами (табл.2)

1 способ

Расстояние по формуле для кратчайших расстояний (1го и 2го поставщика):

$$r_{12} = \sqrt{(0 - 300)^2 + (575 - 500)^2} = 309,2 \approx 309$$

Значение транспортной работы для каждого пункта определяется как сумма произведений объема перевозок на расстояние:

$$P_1 = 300 \times 0 + 250 \times 309 + 150 \times 551 + 150 \times 474 + 75 \times 389 + 125 \times 500 + 100 \times 690 + 150 \times 601 = 481825 \text{ ткм.}$$

| Координаты, км | | Тариф за перевозку T_i руб./ткм | Объем поставки (потребления) Q_i , т |
|------------------------------|-------|--------------------------------------|---|
| x_i | y_i | | |
| Поставщики | | | |
| 0 | 575 | 0,8 | 300 |
| 300 | 500 | 0,5 | 250 |
| 550 | 600 | 0,6 | 150 |
| Итого | | | 700 |
| Потребители (клиенты) | | | |
| 150 | 125 | 1 | 150 |
| 275 | 300 | 1 | 75 |
| 400 | 275 | 1 | 125 |
| 500 | 100 | 1 | 100 |
| 600 | 550 | 1 | 150 |
| Итого | | | 600 |

| Пункт | Q_i , т | Расстояния между пунктами, км | | | | | | | |
|----------------------------------|-----------|-------------------------------|----------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| | | П1 | П2 | П3 | К1 | К2 | К3 | К4 | К5 |
| П1 | 300 | 0 | 309 | 551 | 474 | 389 | 500 | 690 | 601 |
| П2 | 250 | 309 | 0 | 269 | 404 | 202 | 246 | 447 | 304 |
| П3 | 150 | 551 | 269 | 0 | 621 | 407 | 358 | 502 | 71 |
| К1 | 150 | 474 | 404 | 621 | 0 | 215 | 292 | 351 | 619 |
| К2 | 75 | 389 | 202 | 407 | 215 | 0 | 127 | 301 | 410 |
| К3 | 125 | 500 | 246 | 358 | 292 | 127 | 0 | 202 | 340 |
| К4 | 100 | 690 | 447 | 502 | 351 | 301 | 202 | 0 | 461 |
| К5 | 150 | 601 | 304 | 71 | 619 | 410 | 340 | 461 | 0 |
| Транспортная работа, P_i , ткм | | 481 825 | 329 850 | 461 825 | 516 925 | 367 975 | 389 725 | 563 675 | 479 150 |

50 ткм соответствует

распределительный центр.

2 способ ("Манхэттенское расстояние")

Склад не привязан к пунктам распределительной транспортной сети

По оси X: $d_x = |x_2 - x_c| = |300 - 0| = 300$; транспортная работа $P = d_x Q_2 = 300 \times 250 = 75\ 000$

По оси Y: $d_y = |y_2 - y_c| = |500 - 575| = 75$; транспортная работа $P = d_y Q_2 = 75 \times 250 = 18\ 750$

Минимальное значение по оси X соответствует координате $x_c = 300$ и по оси Y - $y_c = 500$, где и будет располагаться распределительный центр. Транспортная работа: $P = 229\ 375 + 184\ 375 = 413\ 750$.

| Q_i | x_i | $x_c = 0$ | | $x_c = 300$ | | $x_c = 550$ | | $x_c = 150$ | | $x_c = 275$ | | $x_c = 400$ | | $x_c = 500$ | | $x_c = 600$ | |
|-------------------|-------|----------------|-------------|----------------|-------------|----------------|-------------|----------------|-------------|----------------|-------------|----------------|-------------|----------------|-------------|----------------|-------------|
| | | $ x_i - x_c $ | $d_{xi}Q_i$ |
| 300 | 0 | 0 | 0 | 300 | 90 000 | 550 | 165 000 | 150 | 45 000 | 275 | 82 500 | 400 | 120 000 | 500 | 150 000 | 600 | 180 000 |
| 250 | 300 | 300 | 75 000 | 0 | 0 | 250 | 62 500 | 150 | 37 500 | 25 | 6 250 | 100 | 25 000 | 200 | 50 000 | 300 | 75 000 |
| 150 | 550 | 550 | 82 500 | 250 | 37 500 | 0 | 0 | 400 | 60 000 | 275 | 41 250 | 150 | 22 500 | 50 | 7 500 | 50 | 7 500 |
| 150 | 150 | 150 | 22 500 | 150 | 22 500 | 400 | 60 000 | 0 | 0 | 125 | 18 750 | 250 | 37 500 | 350 | 52 500 | 450 | 67 500 |
| 75 | 275 | 275 | 20 625 | 25 | 1 875 | 275 | 20 625 | 125 | 9 375 | 0 | 0 | 125 | 9 375 | 225 | 16 875 | 325 | 24 375 |
| 125 | 400 | 400 | 50 000 | 100 | 12 500 | 150 | 18 750 | 250 | 31 250 | 125 | 15 625 | 0 | 0 | 100 | 12 500 | 200 | 25 000 |
| 100 | 500 | 500 | 50 000 | 200 | 20 000 | 50 | 5 000 | 350 | 35 000 | 225 | 22 500 | 100 | 10 000 | 0 | 0 | 100 | 10 000 |
| 150 | 600 | 600 | 90 000 | 300 | 45 000 | 50 | 7 500 | 450 | 67 500 | 325 | 48 750 | 200 | 30 000 | 100 | 15 000 | 0 | 0 |
| P по оси X | | 390 625 | | 229 375 | | 339 375 | | 285 625 | | 235 625 | | 254 375 | | 304 375 | | 389 375 | |
| Q_i | y_i | $y_c = 575$ | | $y_c = 500$ | | $y_c = 600$ | | $y_c = 125$ | | $y_c = 300$ | | $y_c = 275$ | | $y_c = 100$ | | $y_c = 550$ | |
| | | $ y_i - y_c $ | $d_{yi}Q_i$ |
| 300 | 575 | 0 | 0 | 75 | 22 500 | 25 | 7 500 | 450 | 135 000 | 275 | 82 500 | 300 | 90 000 | 475 | 142 500 | 25 | 7 500 |
| 250 | 500 | 75 | 18 750 | 0 | 0 | 100 | 25 000 | 375 | 93 750 | 200 | 50 000 | 225 | 56 250 | 400 | 100 000 | 50 | 12 500 |
| 150 | 600 | 25 | 3 750 | 100 | 15 000 | 0 | 0 | 475 | 71 250 | 300 | 45 000 | 325 | 48 750 | 500 | 75 000 | 50 | 7 500 |
| 150 | 125 | 450 | 67 500 | 375 | 56 250 | 475 | 71 250 | 0 | 0 | 175 | 26 250 | 150 | 22 500 | 25 | 3 750 | 425 | 63 750 |
| 75 | 300 | 275 | 20 625 | 200 | 15 000 | 300 | 22 500 | 175 | 13 125 | 0 | 0 | 25 | 1 875 | 200 | 15 000 | 250 | 18 750 |
| 125 | 275 | 300 | 37 500 | 225 | 28 125 | 325 | 40 625 | 150 | 18 750 | 25 | 3 125 | 0 | 0 | 175 | 21 875 | 275 | 34 375 |
| 100 | 100 | 475 | 47 500 | 400 | 40 000 | 500 | 50 000 | 25 | 2 500 | 200 | 20 000 | 175 | 17 500 | 0 | 0 | 450 | 45 000 |
| 150 | 550 | 25 | 3 750 | 50 | 7 500 | 50 | 7 500 | 425 | 63 750 | 250 | 37 500 | 275 | 41 250 | 450 | 67 500 | 0 | 0 |
| P по оси Y | | 199 375 | | 184 375 | | 224 375 | | 398 125 | | 264 375 | | 278 125 | | 425 625 | | 189 375 | |
| P | | 590 000 | | 413 750 | | 563 750 | | 683 750 | | 500 000 | | 532 500 | | 730 000 | | 578 750 | |

3 способ

Определение координат склада по методу Центра тяжести

1)
$$X_{c3.1} = \frac{390\ 625}{1300} = 300 \quad Y_{c3.1} = \frac{555\ 625}{1300} = 427$$

2) Расчет с учетом весовых коэффициентов в виде тарифа:

$$X_{c3.2} = \frac{320\ 125}{1055} = 303 \quad Y_{c3.2} = \frac{422\ 675}{1055} = 400$$

| Исходные данные | | | | По формулам для центра тяжести | | По формулам с применением тарифов | | | |
|-----------------|-------|-------|-------|--------------------------------|-----------|-----------------------------------|-----------|--------------|---------|
| x_i | y_i | T_i | Q_i | $x_i Q_i$ | $y_i Q_i$ | $T_{ix} Q_i$ | $T_i Q_i$ | $T_{iy} Q_i$ | |
| 0 | 575 | 0,8 | 300 | 0 | 172 500 | 0 | 240 | 138 000 | |
| 300 | 500 | 0,5 | 250 | 75 000 | 125 000 | 37 500 | 125 | 62 500 | |
| 550 | 600 | 0,6 | 150 | 82 500 | 90 000 | 49 500 | 90 | 54 000 | |
| 150 | 125 | 1 | 150 | 22 500 | 18 750 | 22 500 | 150 | 18 750 | |
| 275 | 300 | 1 | 75 | 20 625 | 22 500 | 20 625 | 75 | 22 500 | |
| 400 | 275 | 1 | 125 | 50 000 | 34 375 | 50 000 | 125 | 34 375 | |
| 500 | 100 | 1 | 100 | 50 000 | 10 000 | 50 000 | 100 | 10 000 | |
| 600 | 550 | 1 | 150 | 90 000 | 82 500 | 90 000 | 150 | 82 500 | |
| Сумма | | | – | 1300 | 390 625 | 555 625 | 320 125 | 1055 | 422 625 |

Транспортная работа при распоряжении склада в центре тяжести

1) 442 950 (229 375 + 213 575)

| Исходные данные | | | C _{3.1} (300; 427) | | C _{3.2} (303; 400) | |
|-----------------|-------|-------|-----------------------------|-------------------|-----------------------------|-------------------|
| x_i | y_i | Q_i | $Q_i x_i - x_c $ | $Q_i y_i - y_c $ | $Q_i x_i - x_c $ | $Q_i y_i - y_c $ |
| 0 | 250 | 300 | 90 000 | 44 400 | 90 900 | 52 500 |
| 250 | 550 | 250 | 0 | 18 250 | 750 | 25 000 |
| 550 | 600 | 150 | 37 500 | 25 950 | 37 050 | 30 000 |
| 150 | 125 | 150 | 22 500 | 45 300 | 22 950 | 41 250 |
| 275 | 300 | 75 | 1875 | 9525 | 2100 | 7500 |
| 400 | 275 | 125 | 12 500 | 19 000 | 12 125 | 15 625 |
| 500 | 100 | 100 | 20 000 | 32 700 | 19 700 | 30 000 |
| 600 | 550 | 150 | 45 000 | 18 450 | 44 550 | 22 500 |
| Сумма | | | 229 375 | 213 575 | 230 125 | 224 375 |

Транспортная работа :)

Транспортная составляющая логистических издержек в зависимости от количества складов в регионе

Определение количества складов в регионе и координат их расположения.

Предполагается, что известны:

- координаты поставщика (x_i, y_i) и потребителя (x_j, y_j) ;
- объемы произведенной (Q_i) и потребляемой клиентурой (P_j) продукции;
- характеристики транспортной сети региона (например, для крупного города имеется сеть дорог, позволяющих осуществлять перевозки между поставщиками, потребителями и складами, количество и расположение которых требуется определить).

Результаты расчетов транспортной работы
при разном количестве складов в регионе

| Количество складов | Координаты склада, км; загрузка, т | Транспортная работа, ткм |
|---|--|--------------------------|
| Нет складов | — | 249 500 |
| Один склад | $x_A = 320$ км, $y_A = 370$ км | 388 230 |
| Два склада* | 1-й вариант: склад А: $x_A = 200$ км; $y_A = 300$ км; 300 т; склад В: $x_B = 400$ км; $y_B = 300$ км; 400 т | 334 250 |
| | 2-й вариант: склад А: $x_A = 300$ км; $y_A = 200$ км; 300 т; склад В: $x_B = 300$ км; $y_B = 400$ км; 400 т | 343 875 |
| Три склада** | склад А: $x_A = 200$ км; $y_A = 400$ км; 200 т; склад В: $x_B = 300$ км; $y_B = 200$ км; 300 т; склад С: $x_C = 400$ км; $y_C = 400$ км; 200 т | 343 150 |
| * Приведены результаты после нескольких итераций. | | |
| ** Приведен один из вариантов. | | |

Алгоритм оценки влияния размещения складской сети на транспортные расходы

Первый этап.

$$L_{ij} = \sqrt{(x_i - x_j)^2 + (y_i - y_j)^2}, \quad P = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n L_{ij} \times Q_{ij} \times W_{ij} \rightarrow \min, \quad S = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n Z_{ij} \times L_{ij} \times C_0,$$

$$Z_{ij} = Q_{ij} / q_{ij} \times \gamma_{ij} \quad \begin{array}{l} - \text{ПОС } i = (1, \dots, m) \\ - \text{ПОТ } j = (1, \dots, n) \end{array}$$

Q_{ij} - объем груза, перевозимого от i -го поставщика к j -му потребителю

W_{ij} - произведение весовых долей i -го поставщика и j -го потребителя

Z_{ij} - количество груженных рейсов от i -го поставщика к j -му потребителю

C_0 - тариф на перевозку, у.е./км

q_{ij} - номинальная грузоподъемность подвижного состава, используемого при перевозке от i -го поставщика к j -му потребителю

γ_{ij} - коэффициент использования грузоподъемности подвижного состава используемого при перевозке от i -го поставщика к j -му потребителю

Второй этап.

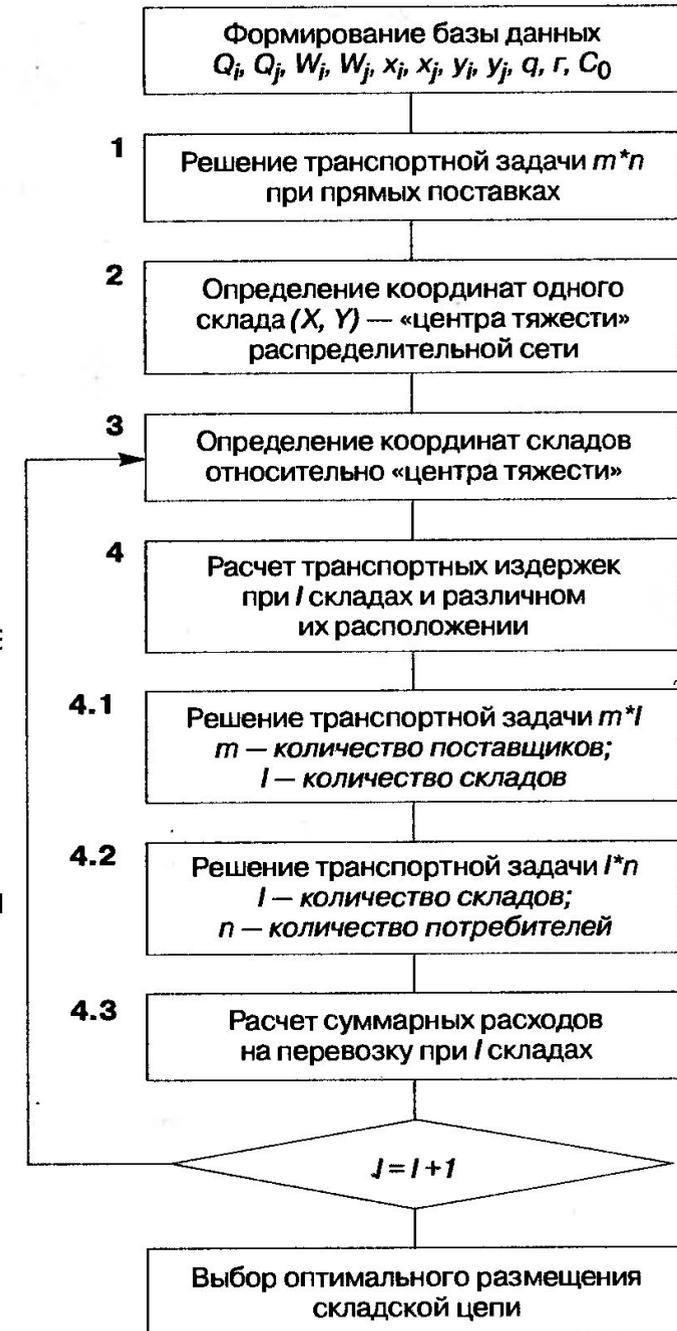
$$P = \sum_{i=1}^m L_i \times Q_i \times W_i + \sum_{j=1}^n L_j \times Q_j \times W_j \rightarrow \min, \quad S = \sum_{i=1}^m Z_i \times L_i \times C_0 + \sum_{j=1}^n Z_j \times L_j \times C_0,$$

L_i, L_j - соот-но расстояние от склада до i -го поставщика и до j -го потребителя

Q_i, Q_j - соот-но объем груза, перевозимый на склад от i -го поставщика и со склада до j -го потребителя.

-соот-но количество ездов от i -го поставщика до склада

Z_i, Z_j и от склада до j -го потребителя.



Третий этап.

- определяют расстояния между координатами максимально удалённых друг от друга пунктов:

$$\Delta X = \max(x_i, x_j) - \min(x_i, x_j); \quad \Delta Y = \max(y_i, y_j) - \min(y_i, y_j),$$

- выбирают минимальное расстояние и определяют радиус окружности R, на которой диаметрально располагаются склады:

$$\Delta = \min(\Delta X, \Delta Y);$$

склады располагают сначала горизонтально, а затем вертикально

$$R = 0,1 \times \Delta,$$

относительно осей координат;

- первоначально принятый радиус $R = 0,1\Delta$ увеличивают до $0,2\Delta$, затем до $0,3\Delta$ и т. д.

Четвертый этап.

$$P = \sum_{i=1}^m \sum_{k=1}^l L_{ik} \times Q_{ik} \times W_{ik} + \sum_{k=1}^l \sum_{j=1}^n L_{kj} \times Q_{kj} \times W_{kj} \rightarrow \min,$$

$i = (1, \dots, m)$ - поставщики; $k = (1, \dots, l)$ - склады; $j = (1, \dots, n)$ - потребители;

L_{ik}, L_{kj} - соответственно расстояние от i-го поставщика до k-го склада и от k-го склада до j-го потребителя;

Q_{ik}, Q_{kj} - соответственно объёмы перевозок грузов от i-го поставщика до k-го склада и от k-го склада до j-го потребителя;

W_{ik}, W_{kj} - соответственно произведение весовых долей i-го поставщика и k-го склада, k-го склада и j-го потребителя.

Z_{ik}, Z_{kj} - соответственно количество гружёных рейсов от i-го поставщика до k-го склада и от k-го склада до j-го потребителя.

$$S = \sum_{i=1}^m \sum_{k=1}^l Z_{ik} \times L_{ik} \times C_0 + \sum_{k=1}^l \sum_{j=1}^n Z_{kj} \times L_{kj} \times C_0,$$

Пример

Исходные данные для расчета

| Поставщики | | | Потребители | | |
|----------------------|----------------|-------|-----------------|----------------|-------|
| объем предложения, т | координаты, км | | объем спроса, т | координаты, км | |
| | x_i | y_i | | Q_j | x_j |
| 100 | 200 | 125 | 100 | 575 | 400 |
| 50 | 300 | 400 | 50 | 400 | 100 |
| 150 | 550 | 300 | 150 | 400 | 250 |
| 150 | 150 | 725 | 150 | 700 | 600 |
| 750 | 275 | 300 | 750 | 200 | 350 |
| 125 | 800 | 675 | 125 | 275 | 575 |
| 300 | 500 | 100 | 300 | 600 | 700 |
| 500 | 750 | 550 | 500 | 550 | 650 |

Результаты расчета величины транспортных расходов в зависимости от количества складов и их расположения по первому варианту

| Расположение складов | Радиус | Величина транспортных расходов, у. е. при количестве складов | | | | |
|------------------------|--------|--|----------------|----------------|----------------|----------------|
| | | нет | 1 склад | 2 склада | 3 склада | 4 склада |
| Горизонтальное | 0,1Δ | 52 409 | 148 078 | 126 092 | 125 452 | 123 671 |
| Вертикальное | | 52 409 | 148 078 | 133 599 | 128 022 | 125 522 |
| Горизонтальное | 0,2Δ | 52 409 | 148 078 | 111 697 | 110 445 | 106 461 |
| Вертикальное | | 52 409 | 148 078 | 126 225 | 116 923 | 109 434 |
| Горизонтальное* | 0,3Δ | 52 409 | 148 078 | 108 477 | 106 532 | 114 798 |
| Вертикальное | | 52 409 | 148 078 | 128 903 | 111 843 | 104 116 |
| Горизонтальное | 0,4Δ | 52 409 | 148 078 | 118 683 | 118 445 | 114 300 |
| Вертикальное** | | 52 409 | 148 078 | 137 870 | 114 171 | 110 587 |

* Минимум транспортных расходов при двух и трех складах.
 ** Максимум транспортных расходов при одном складе.

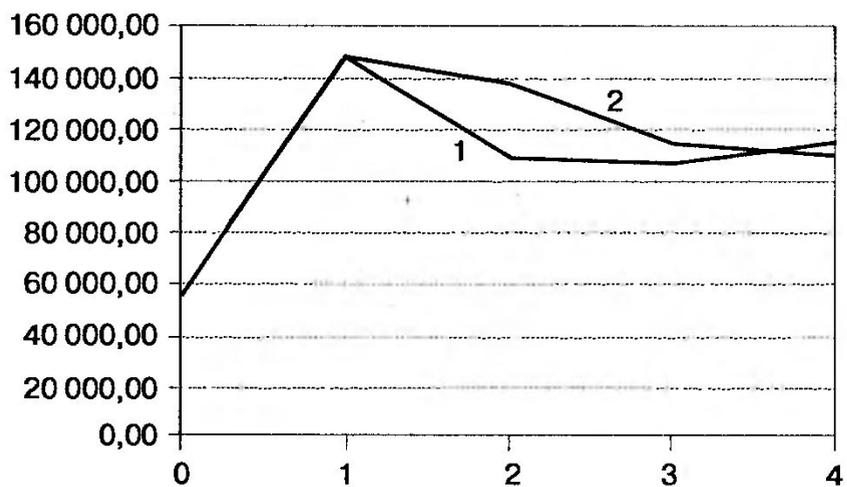
Результаты расчета величины транспортных расходов в зависимости от количества складов и их расположения по второму варианту

| Расположение складов | Радиус | Величина транспортных расходов, у. е. при количестве складов | | | | |
|------------------------|--------|--|----------------|----------------|----------------|----------------|
| | | нет | 1 склад | 2 склада | 3 склада | 4 склада |
| Горизонтальное | 0,1Δ | 52 409 | 222 853 | 191 227 | 187 762 | 187 814 |
| Вертикальное | | 52 409 | 222 853 | 200 311 | 193 342 | 188 478 |
| Горизонтальное | 0,2Δ | 52 409 | 222 853 | 166 286 | 162 205 | 161 460 |
| Вертикальное | | 52 409 | 222 853 | 188 636 | 174 965 | 162 833 |
| Горизонтальное* | 0,3Δ | 52 409 | 222 853 | 160 109 | 157 616 | 154 720 |
| Вертикальное | | 52 409 | 222 853 | 191 407 | 170 816 | 153 677 |
| Горизонтальное | 0,4Δ | 52 409 | 222 853 | 177 474 | 178 676 | 161 772 |
| Вертикальное** | | 52 409 | 222 853 | 205 101 | 176 589 | 165 237 |

* Минимум транспортных расходов при двух и трех складах.
 ** Максимум транспортных расходов при одном складе.

1 — Минимум транспортных расходов
 2 — Максимум транспортных расходов

Транспортные расходы, у. е.

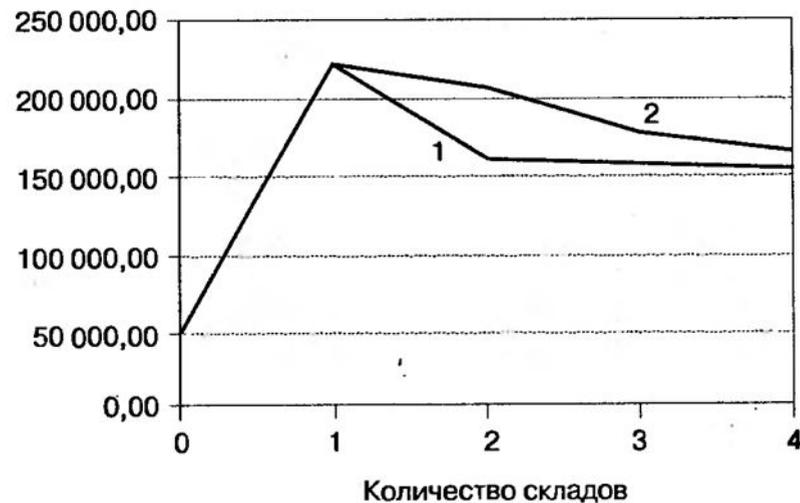


Количество складов

зависимость транспортных расходов от количества складов

и их расположения по первому варианту

Транспортные расходы, у. е.



Количество складов

зависимость транспортных расходов от

и их расположения по первому варианту

Проведенный анализ позволяет сделать следующие выводы:

- 1) при прямых транзитных связях между производителями и потребителями величина транспортных расходов минимальна;
- 2) на величину транспортных расходов сильное влияние оказывает не только количество складов в распределительной сети, но и их пространственное расположение относительно поставщиков и потребителей;
- 3) величина транспортных расходов сильно возрастает при мелкопартионной отправке товаров со складов потребителям малотоннажным подвижным составом;
- 3) для конкретной распределительной сети можно найти оптимальное количество складов, при котором величина транспортных расходов будет минимальна, но при изменении координат поставщиков и потребителей, а также координат самих складов величина транспортных расходов изменится и надо будет искать новое решение;
- 4) полученные зависимости отличны от известных зависимостей , суммарных расходов на транспортировку от числа складов, при веденных в литературе;
- 5) дальнейшие исследования должны быть направлены на построение таких алгоритмов решения задачи оптимального размещения складской сети, которые позволили бы учесть наличие одного или нескольких складов в регионе, многоменклатурность товаров, а также другие факторы, влияющие на оптимальное месторасположение складской сети.