

МАТЕМАТИКА В СКЛАДСКОЙ ЛОГИСТИКЕ

Наш мир постоянно изменяется, и в условиях растущей конкуренции каждая компания стремится найти свою уникальную формулу успеха. В ее определении поможет математика, в достижении успеха – улучшение логистических процессов путем определения оптимального местоположения склада.

Внедрение математических подходов в оптимизации логистики – это не только эффективный способ сокращения издержек, но и своего рода инвестиция в повышение качества обслуживания клиентов, что становится основой для успешного развития компании в динамичной и конкурентной среде. Определение оптимального местоположения склада при помощи математических методов становится ключевым фактором для минимизации транспортных расходов, эффективного использования запасов и оптимизации времени доставки.

Метод определения центра тяжести/тяготения

Оптимальное всего будет расположить склад в непосредственной близости от центра тяжести грузовых потоков в пределах обслуживаемой территории. Для определения такого места наносят на координатные оси значения точек потребителей и показатели их грузооборота. Используя формулы (1) и (2), вычисляют координаты местоположения склада.

$$x_0 = \frac{\sum_{i=1}^n q_i * x_i}{\sum_{i=1}^n q_i} = \frac{q_1 * x_1 + q_2 * x_2 + \dots + q_n * x_n}{q_1 + q_2 + \dots + q_n} \quad (1)$$

$$y_0 = \frac{\sum_{i=1}^n q_i * y_i}{\sum_{i=1}^n q_i} = \frac{q_1 * y_1 + q_2 * y_2 + \dots + q_n * y_n}{q_1 + q_2 + \dots + q_n} \quad (2)$$

q_i – грузооборот i -го потребителя; x_i – координаты i -го потребителя по x ; y_i – координаты i -го потребителя по y ; n – количество потребителей.

Полученный результат будет означать самую выгодную точку для расположения склада.

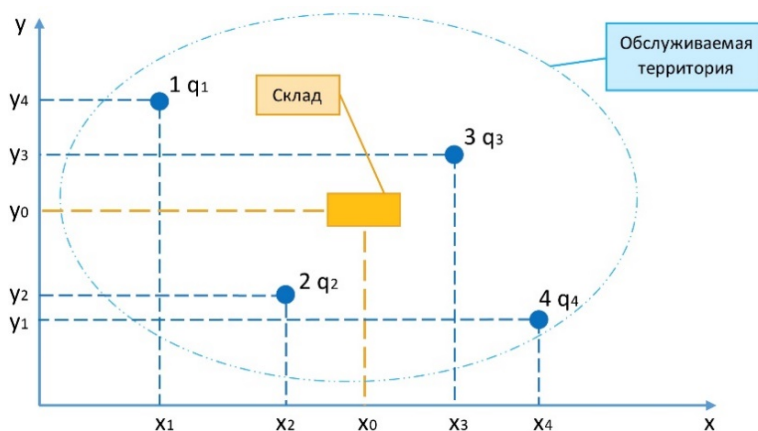


Рис. 1. Расположение потребителей и центра тяжести грузопотоков

Пример:

Таблица 1

Исходные данные

Город	X0 (км)	Y0 (км)	Грузооборот (т/мес.)
Минск	0	0	—
Витебск	165	140	20
Санкт-Петербург	175	675	20
Москва	615	200	30
Ярославль	750	425	10
Нижний Новгород	1 000	260	15
Масштаб	2 см – 100 км		

Произведя расчеты, оптимальной точкой для размещения склада, исходя из данных приведенной выше табл. 1, стал город Тверь.

$$x_0 = \frac{165 * 20 + 175 * 20 + 615 * 30 + 750 * 10 + 1000 * 15}{20 + 20 + 30 + 10 + 15} \approx 503$$

$$y_0 = \frac{140 * 20 + 675 * 20 + 200 * 30 + 425 * 10 + 260 * 15}{20 + 20 + 30 + 10 + 15} \approx 321$$

Отметим найденную точку в системе координат (рис. 2).

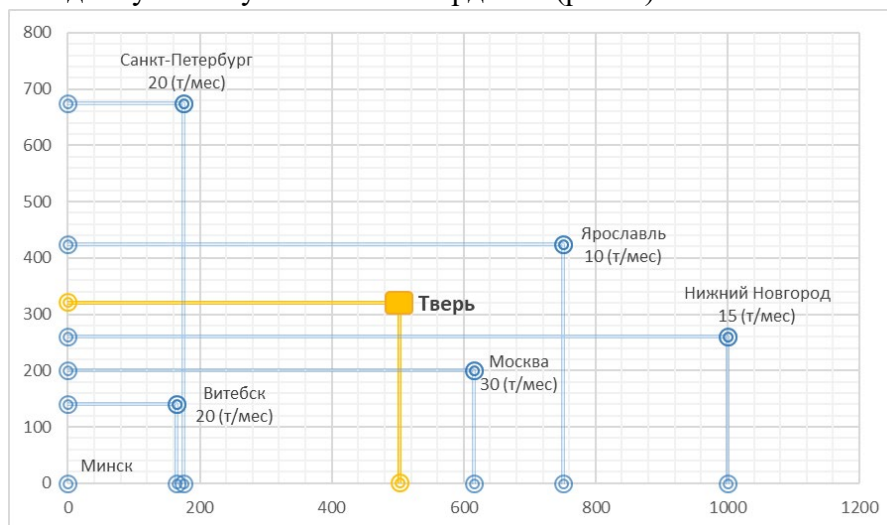


Рис. 2. Полученная в ходе расчетов точка в системе координат

Несмотря на относительную простоту применения этого метода, он имеет очевидный недостаток. В большинстве случаев полученные координаты указывают на то место, которое не приспособлено для размещения склада, что требует дополнительных изысканий. В таком случае поможет формула, имеющая следующий вид:

$$r = \sqrt{(x - x_0)^2 + (y - y_0)^2}$$

Это формула поможет рассчитать самое оптимальное смещение места расположения склада путем вычисления минимального расстояния от подсчитанных данных.

Формула может иметь упрощенный вид, если расположение склада будет смещаться в одном направлении [3].

$$r(x) = \sqrt{(x - x_0)^2 + 0}$$

$$r(y) = \sqrt{0 + (y - y_0)^2}$$

Метод перебора

Алгоритм этого метода сводится к следующему:

- определяют все возможные варианты размещения склада, т. е. на карту зоны обслуживания наносятся потенциально возможные места размещения склада;
- для каждого варианта размещения склада определяют транспортные расходы по доставке товаров потребителям;
- выбирают вариант размещения склада, который обеспечивает минимальные транспортные расходы.

Пример:

Используя данный метод как проверку предыдущего, подтвердилась оптимальность полученных данных. Однако, поскольку упомянутый метод основывается на минимизации транспортных расходов, Москва, с ее развитой сетью дорог, является более оптимальной точкой размещения склада, чем город Тверь.

Суммарная протяженность пути:

- Тверь – 2897 км (рис. 3)
- Москва – 2630 км (рис. 4)

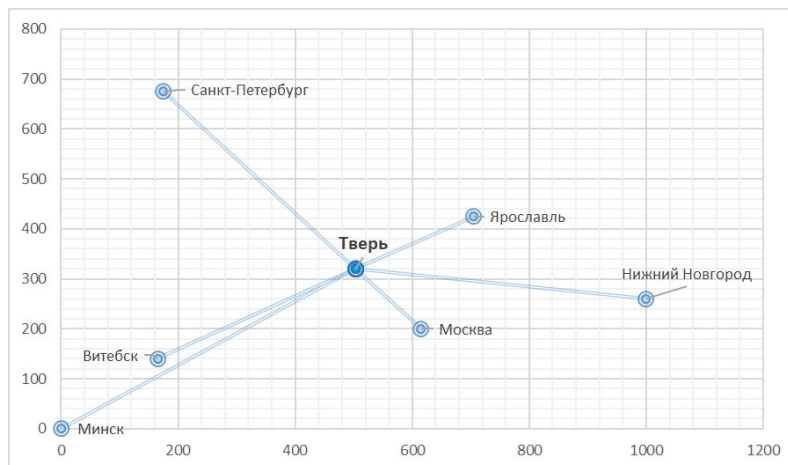


Рис. 3. Суммарная протяженность пути при размещении склада в Твери

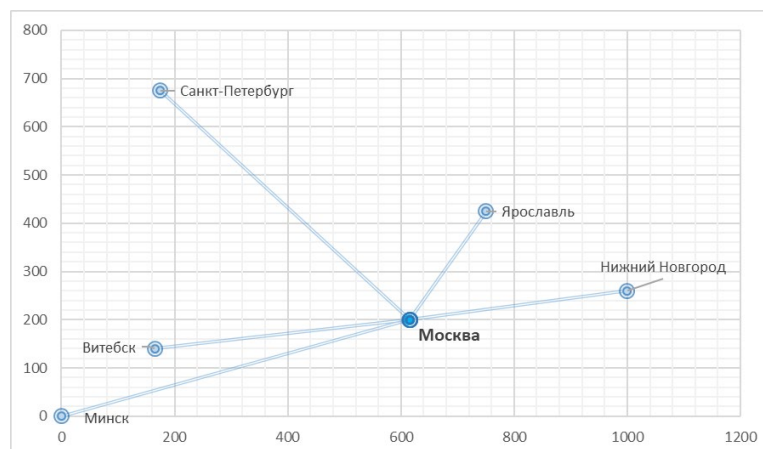


Рис. 4. Суммарная протяженность пути при размещении склада в Москве

Метод тестовой точки

Для определения координат оптимального местоположения склада необходимо нанести на числовые прямые x и y координаты потребителей и их грузооборот, а также ввести понятие левого и правого объемов завоза товаров (сумма грузооборотов, расположенных на всем участке обслуживания слева/справа от пробной точки). Чтобы упростить задачу, предположим, что дорожная сеть на участке прямоугольная.

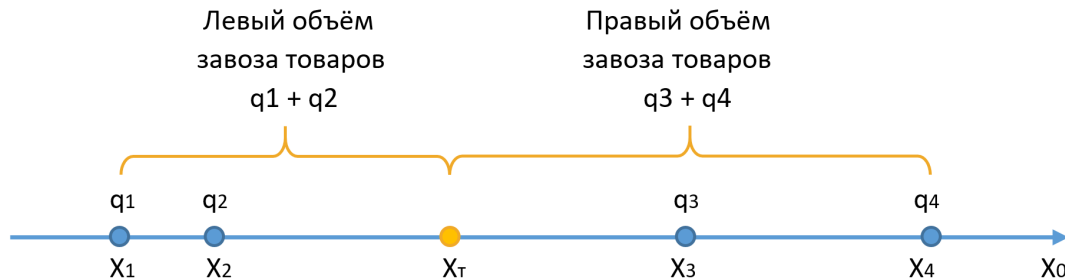


Рис. 5. Метод тестовой точки

Участок обслуживания проверяют, начиная с крайнего левого конца. Вначале анализируют первый отрезок участка. На данном отрезке ставится пробная точка и подсчитывается сумма грузооборотов, находящихся слева и справа от поставленной точки. Если сумма, находящаяся справа, больше, то проверяется следующий отрезок. Если меньше, то принимается решение о размещении склада в начале анализируемого отрезка.

Пример:

Таблица 2

Исходные данные

Город	X0 (км)	Y0 (км)	Грузооборот (т/мес)
Минск	0	0	—
Витебск	165	140	15
Орша	175	115	10
Москва	615	200	30
Рязань	740	70	5
Масштаб	2 см – 100 км		

Используя данные из табл. 2, построим координатную прямую x и проанализируем первый отрезок (Витебск — Орша), (рис. 6).

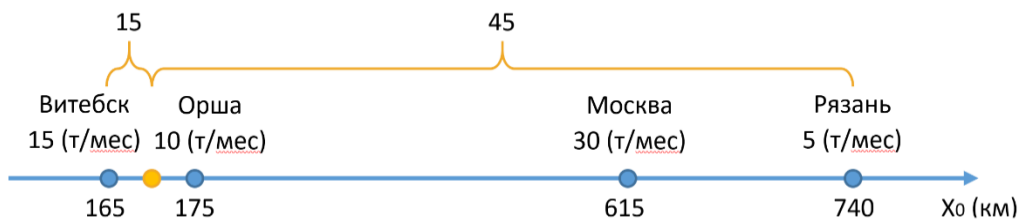


Рис. 6. Анализ первого отрезка на координатной прямой x

Исследовав все участки прямой, замечаем, что на отрезке Москва — Рязань (рис. 7) левый объем завоза товаров больше правого, значит, принимается решение о размещении склада в начале анализируемого отрезка, т. е. вблизи координат Москвы по x .

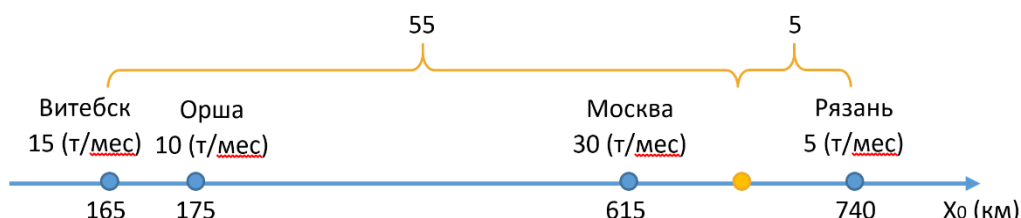


Рис. 7. Анализ отрезка Москва – Рязань на координатной прямой x

Повторив расчеты на прямой y , получаем координаты оптимального местоположения склада вблизи Витебска (рис. 8).

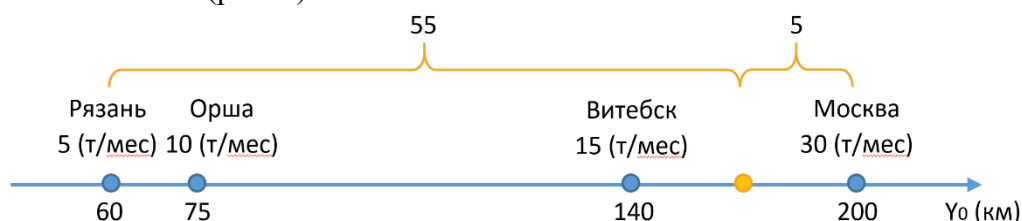


Рис. 8. Анализ отрезка Витебск – Москва на координатной прямой y

Исходя из вычислений, получается некоторая точка с координатами $x_0 = 615$ и $y_0 = 140$, что соответствует поселку Любучаны.

Подводя итог, можно сказать, что оптимальное местоположение склада является одним из ключевых факторов эффективного управления логистическими процессами и обеспечения успешной деятельности компании.

В статье мы проанализировали несколько методов, используемых для выбора оптимального местоположения склада, а именно: методы центра тяжести/тяготения, перебора и тестовой точки. Были представлены примеры применения этих методов на практике и их потенциальные преимущества и ограничения.

Наша статья обозначила важность выбора оптимального местоположения склада для минимизации логистических издержек, сокращения затрат на транспортировку и улучшения обслуживания клиентов. Мы учли различные критерии, такие как географическое расположение, доступность транспортных маршрутов, близость к потребителям и поставщикам и другие экономические факторы.

Список использованных источников

1. Выбор места расположения склада [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.profiz.ru/se/8_2004/mesto_sklada/. – Дата доступа: 08.04.2024.
2. Выбор оптимального варианта складской системы. Практическое занятие [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ppt-online.org/144705>. – Дата доступа: 08.04.2024.
3. Задача поиска оптимального расположения распределительного склада [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://elar.urfu.ru/bitstream/10995/94068/1/978-5-91256-506-9_2020_019.pdf. – Дата доступа: 08.04.2024.
4. Методом определения центра тяжести грузопотоков найти ориентировочное место для расположения склада, снабжающего магазины [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://studopedia.ru/23_13755_metodom-opredeleniya-tsentra-tyazhesti-gruzopotokov-nayti-orientirovochnoe-mesto-dlya-raspolozheniya-skladasnabzhayushchego-magazini.html. – Дата доступа: 08.04.2024.
5. Модель определения места положения склада в логистической системе [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://youtu.be/5GBgxA71xz8?si=bKVnp94eyTFqPtXN>. – Дата доступа: 08.04.2024.