

УДК 656.13

**Ф. М. Судак, канд. техн. наук, И. Ф. Воронина, канд. техн. наук,
А. В. Еремин, Г. В. Новиков**

**Автомобильно-дорожный институт
ГОУВПО «Донецкий национальный технический университет», г. Горловка**

ОПТИМИЗАЦИЯ ЗАТРАТ НА УПРАВЛЕНИЕ РЕЗЕРВОМ ЗАПАСНЫХ ЧАСТЕЙ НА АВТОСЕРВИСНЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ

Проанализированы методы управления запасами материальных ресурсов автосервисных предприятий и разработана математическая модель, позволяющая минимизировать затраты, связанные с оформлением заказов на приобретение и хранение запасных частей с учетом того, что стоимость единицы продукции зависит от объема заказа. Рассмотрены вопросы внедрения вероятностной модели управления запасами, требующей, как минимум, еженедельного уровня контроля запаса на складе.

Ключевые слова: автосервисное предприятие, материальные ресурсы, запасные части автомобилей, оптимальный заказ, математическая модель

Введение

Затраты автосервисных предприятий, связанные с оформлением заказа, получением и хранением материальных ресурсов оказывают существенное влияние на себестоимость услуг. Из этого следует, что изменяются технико-экономические показатели предприятия и в конечном итоге предприятию трудно впоследствии конкурировать на рынке автосервисных услуг.

При этом большое значение имеет объем заказа, что влияет на отпускную цену продукции. Управление запасами должно обеспечивать полное удовлетворение интересов предприятия (прибыль), потребителей услуг (затраты времени и денежных средств) и общества (техническая и экологическая безопасность).

Традиционные методы управления запасами материальных ресурсов базировались на установленных статистическим путем отраслевых нормативах, полученных по результатам исследовательской эксплуатации транспортных средств. Они сводились к своевременному обеспечению пополнения запасов и минимизации затрат на их приобретение без учета затрат на оформление и размещение заказов, а также на их хранение.

Анализ публикаций

Проблемой повышения эффективности работы предприятий технического автосервиса автомобилей на основе прогнозирования приобретения и хранения материальных ресурсов занимались следующие ученые: В. А. Корчагин, В. А. Зорин, Е. С. Кузнецов, Л. Б. Миротин, А. Н. Ременцов, В. С. Лукинский и др.

Внимание этих ученых в основном направлено на проблему необходимости прогнозирования потребности предприятий автомобильного транспорта в запасных частях [1, 2].

Однако до сих пор остается нерешенной проблема определения затрат автосервисного предприятия на оформление и размещение заказов, а также на хранение запасных частей на складах предприятия.

Цель статьи

Целью исследования является разработка математической модели оптимизации затрат на управление резервом запасных частей на автосервисном предприятии с учетом категорий спроса.

Методика и результаты исследования

Следует разделить понятия запаса и резерва материальных ресурсов:

- запасы материально-технических ресурсов предназначены для обеспечения нормального функционирования автосервисных предприятий при наступлении событий, способных привести к срыву выполнения программы работ;
- резервы – это ресурсы, находящиеся в данный момент на хранении и в будущем предназначенные для удовлетворения спроса на эти ресурсы.

Управление запасами материальных ресурсов автосервисного предприятия заключается в выборе периодичности контроля состояния запаса и в обеспечении поставок в требуемом объеме через равные промежутки времени или в размещении нового заказа в объеме запаса, когда его уровень приближается к предельному значению.

Размер и периодичность заказа должны обеспечивать минимум затрат на управление запасами. Общие затраты управления запасами могут быть представлены в следующем виде (рисунок 1).

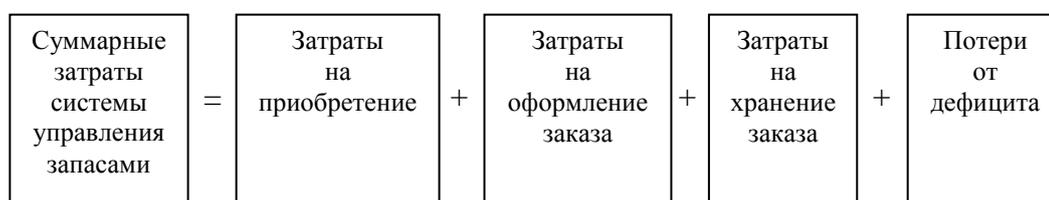


Рисунок 1 – Суммарные затраты системы управления запасами

Основные расходы на обеспечение материальными ресурсами автосервисных предприятий связаны с их приобретением и зависят от уровня цен и размера заказа. Затраты на оформление заказа можно минимизировать путем выбора оптимальных значений периодичности и объема заказа. Затраты на хранение запаса возрастают по мере увеличения их объема и продолжительности хранения [3].

На рисунке 2 показана динамика изменения затрат в зависимости от объема запаса. Оптимальный уровень запаса соответствует минимуму общих затрат. Управление запасами упрощается при постоянном спросе, пополнении запасов в кратчайшее время и при недопущении дефицита, например запасных частей. Максимальный уровень запаса имеет место в момент поставок заказанного объема продукции. В отдельных случаях при определении общих затрат допускается какую-либо компоненту затрат не учитывать при условии, что она не составляет существенную часть общих затрат. Это значительно упрощает все расчеты.

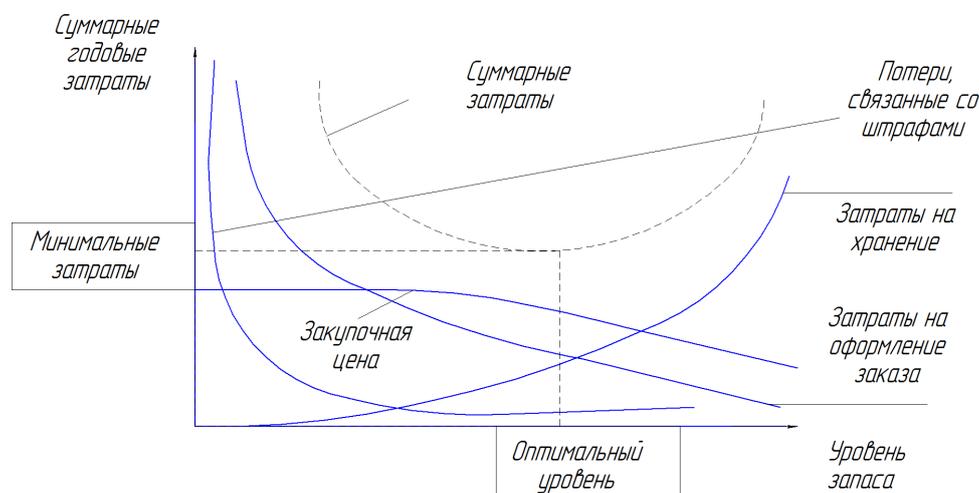


Рисунок 2 – Изменение уровня затрат в зависимости от объема запаса

Так как затраты зависят от частоты размещения заказов и объема хранимого запаса, то величина выбирается из условия обеспечения сбалансированности между двумя видами затрат. Это лежит в основе построения классической модели управления запасами.

Суммарные затраты в единицу времени $TCU(y)$, как функцию от уровня запаса (y), можно представить в виде [4, 5]:

$$TCU(y) = \frac{K}{y/\beta} + h\left(\frac{y}{2}\right), \quad (1)$$

где K – затраты на оформление заказа, имеющие место всякий раз при его размещении, руб.;

h – затраты на хранение единицы заказа в единицу времени, руб.;

y – уровень запаса, единиц;

β – интенсивность спроса, ед/мес.

Как видно из рисунка 3, продолжительность цикла движения заказа составляет $t_0 = y/\beta$ и средний уровень запаса равен $y/2$.

Уровень запаса

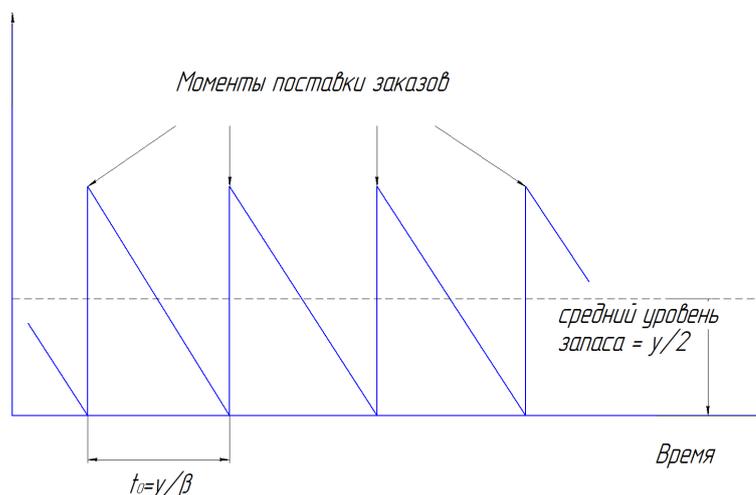


Рисунок 3 – График изменения уровня запаса в простейшем случае

Оптимальное значение уровня запаса при минимуме затрат можно получить, продифференцировав уравнение (1) по y и приравняв к 0 полученный результат. Таким образом, предположив, что y – непрерывная переменная, имеем:

$$\frac{\partial TCU(y)}{\partial y} = \frac{K\beta}{y^2} + \frac{h}{2} = 0, \quad (2)$$

откуда оптимальное значение размера заказа (y^*) определяется выражением:

$$y^* = \sqrt{\frac{2K\beta}{h}}. \quad (3)$$

Оптимальная стратегия модели предусматривает заказ y^* единиц продукции через каждый $t_0^* = y^*/\beta$ интервал времени. Произведя соответствующие подстановки, получим выражение для определения оптимальных затрат:

$$TCU(y^*) = \sqrt{2K\beta h}. \quad (4)$$

Запасные части можно условно разделить на три категории:

- слабоконкурирующие – это детали и узлы, которые являются стандартизованными и поставляются на рынок в большом количестве различными производителями. Доля их в общей номенклатуре запасных частей составляет 5–8 %. В качестве примера таких запасных частей можно привести: фильтры, электрооборудование и т. д.;

- конкурирующие – это детали и узлы, как правило, поставляемые специализированными предприятиями, а также детали, серийное производство которых может быть налажено на любом специализированном предприятии. Доля таких запасных частей от общей номенклатуры может составлять порядка 20–50 %. К данной категории относятся: колесные диски, некоторые детали двигателей, топливной аппаратуры и т. д.

- неконкурирующие – это детали и узлы, поставщиком которых могут быть только изготовители техники из-за особенности конструкции таких запасных частей.

Одним из методов, позволяющим дать эффективные рекомендации по наличию конкретных запасных частей на складе, а также сократить номенклатуру учитываемых запасных частей и, соответственно, объемов расчетов, является метод ABC, который предусматривает деление всех запасных частей по конкретной марке автомобиля на три номенклатурных группы [6, 7]:

- группа А включает около 10 % от всей номенклатуры запасных частей, общая стоимость которых составляет 70 % от полной стоимости всей номенклатуры;
- группа В по номенклатуре составляет 20 % и по стоимости также 20 %;
- группа С по номенклатуре составляет 70 %, а по стоимости – 10 %.

Использование метода ABC основывается на том, что запасные части, входящие в группу С, рекомендуются для хранения на складах всех уровней. В то же время эти запасные части могут практически не учитываться при стоимостной оценке ущерба от повреждения автотранспортного средства. Это окажет незначительное влияние на погрешность расчетов, так как общая стоимость запасных частей, входящих в данную группу, составляет не более 10 % стоимости всей номенклатуры запасных частей.

Наличие на складе запасных частей номенклатурной группы В оправдано только в случае достаточно крупного склада (например региональный склад дилера) или необходимостью иметь широкую номенклатуру.

Запасные части номенклатурной группы А не рекомендуются для хранения на складе. Однако при оценке ущерба запасные части группы А должны учитываться в первую очередь.

Практическое применение метода ABC позволяет значительно (в 4–6 раз) сократить объемы и трудоемкость расчетных работ при управлении складскими запасами, а также при экспертной деятельности на транспорте, при незначительном уменьшении точности расчетов.

Общие затраты $Z_{\text{общ}}$ за период планирования составляют:

$$Z_{\text{общ}} = Z_{\text{xp}} + Z_{\text{оф}}, \quad (5)$$

где Z_{xp} – затраты на хранение деталей;

$Z_{\text{оф}}$ – затраты на оформление заказа.

Поскольку в рассмотренной модели не учитываются удельные затраты на приобретение товара из-за изменения цены, зависящей от размера закупаемой партии, рассмотрим вариант управления запасами с мгновенным пополнением запаса. Предположим, что цена единицы продукции равна c_1 при $y < q$ и равна c_2 при $y > q$, где $c_1 > c_2$ и $-q$ – размер заказа, при превышении которого предоставляется скидка. Тогда суммарные затраты за цикл помимо издержек на оформление заказа и хранение запаса должны включать издержки на приобретение.

Суммарные затраты на единицу времени при $y < q$ и $y > q$, составят, соответственно:

$$TCU_1(y) = \beta c_1 + \frac{K\beta}{y} + \frac{h}{2}y \text{ и } TCU_2(y) = \beta c_2 + \frac{K\beta}{y} + \frac{h}{2}y. \quad (6)$$

Например, для деталей группы В оптимальный объем заказа составит 250 единиц (рисунок 4), при этом с ростом объема заказа будут значительно увеличиваться затраты на хранение и снижаться на оформление.

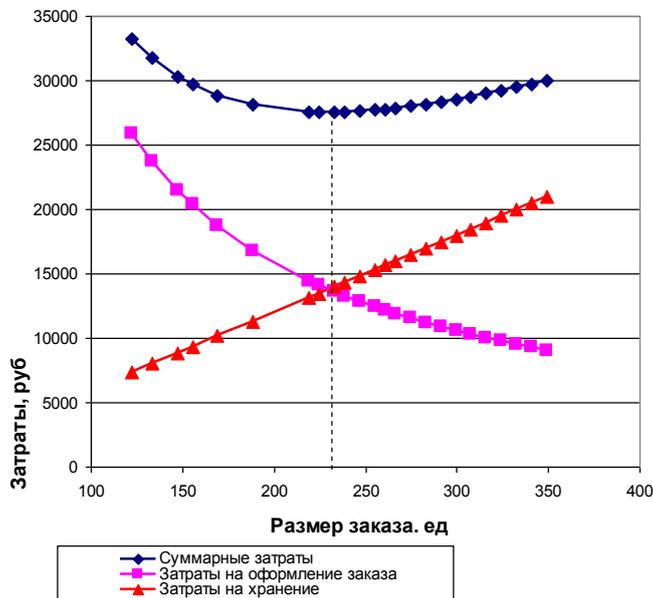


Рисунок 4 – График изменения общих и частных затрат в зависимости от размера заказа (для группы В)

Графики этих двух функций приведены на рисунке 5. Пренебрегая влиянием снижения цен, обозначим через y_m размер заказа, при котором достигается минимум величин TCU_1 и TCU_2 . Из вида функции затрат TCU_1 и TCU_2 , приведенных на рисунке 5, следует, что оптимальный размер заказа y^* зависит от того, где по отношению к трем зонам – I, II и III, показанным на рисунке, находится точка разрыва цены q . Эти зоны находим в результате определения $q_1 > y_m$ из уравнения $TCU_1(y_m) = TCU_2(q_1)$.

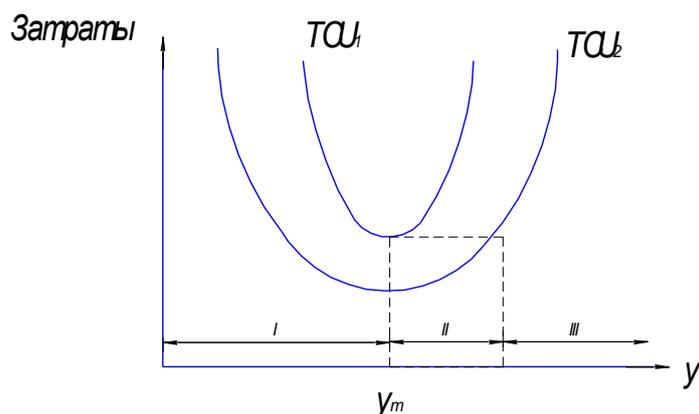


Рисунок 5 – Три зоны, в которых может находиться решение уравнения

Так как значение y_m известно, $y_m = \sqrt{\frac{2K\beta}{h}}$, то решение уравнения дает значение величины q_1 . Тогда зоны определяются следующим образом: зона I: $0 \leq q < y_m$; зона II: $y_m \leq q < q_1$; зона III: $q \geq q_1$.

Алгоритм определения y^* можно представить в следующем виде:

1. Определить: если $q < y_m$ (зона I), то $y^* = y_m$ и алгоритм закончен. В противном случае перейти к шагу 2.

2. Определить q_1 из уравнения $TCU_1(y_m) = TCU_2(q_1)$ и установить, где по отношению к зонам II и III находится значение q :

а) если $y_m \leq q \leq q_1$ (зона II), то $y^* = q$;

б) если $q \geq q_1$ (зона III), то $y^* = y_m$.

Выводы

Для разработки математической модели обеспечения запасными частями автосервисного предприятия предложена методика, которая позволяет определить затраты на размещение и на хранение необходимого количества материальных ресурсов, а также на оформление заказа.

Определены значения оптимального заказа запасных частей, общие и частные расходы, период планирования.

Установлены закономерности и построены графики общих и частных затрат в зависимости от размера заказа и категории группы деталей.

Список литературы

1. Воронина, И. Ф. Совершенствование методики прогнозирования потребности в запасных частях автомобилей на предприятиях автосервиса / И. Ф. Воронина, Ф. М. Судак, Д. С. Подгорный // Вести Автомобильно-дорожного института = Bulletin of the Automobile and Highway Institute. – 2016. – № 2 (19). – С. 16–22.
2. Судак, Ф. М. Усовершенствование методики расчета необходимого количества запасных частей на предприятиях автомобильного транспорта / Ф. М. Судак, И. Ф. Воронина, А. И. Заика // Вести Автомобильно-дорожного института = Bulletin of the Automobile and Highway Institute. – 2018. – № 3 (26). – С. 44–48.
3. Воронина, И. Ф. Разработка системы мониторинга материально-технического обеспечения предприятий автосервиса / И. Ф. Воронина, Ф. М. Судак, А. В. Злей // Вести Автомобильно-дорожного института = Bulletin of the Automobile and Highway Institute. – 2018. – № 4 (27). – С. 46–52.
4. Методические основы управления затратами на качество пассажирских автомобильных перевозок / В. А. Корчагин, Д. И. Ушаков, И. А. Комарова, Д. К. Сысоев // Вестник МАДИ. – 2007. – № 1 (8). – С. 72–76.
5. Логистика автомобильного транспорта: концепция, методы, модели / В. С. Лукинский, В. И. Бережной, Е. В. Бережная, И. А. Цвиринько. – Москва : Финансы и статистика. – 2000. – 278 с.
6. Транспортная логистика ; под общей редакцией Л. Б. Миротина. – Москва : Экзамен, 2003. – 512 с. – ISBN 5-94692-036-7.
7. Кузнецов, Е. С. Управление технической эксплуатацией автомобилей / Е. С. Кузнецов. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва : Транспорт, 1990. – 272 с. – ISBN 5-277-00502-1.

Ф. М. Судак, И. Ф. Воронина, А. В. Еремин, Г. В. Новиков
Автомобильно-дорожный институт
ГОУВПО «Донецкий национальный технический университет», г. Горловка
Оптимизация затрат на управление резервом запасных частей
на автосервисных предприятиях

Затраты автосервисных предприятий, связанных с оформлением заказа, получением и хранением материальных ресурсов, оказывают существенное влияние на себестоимость услуг. Из этого следует, что изменяются технико-экономические показатели предприятия и в конечном итоге предприятию трудно в последствии конкурировать на рынке автосервисных услуг.

Управление запасами должно обеспечивать полное удовлетворение интересов предприятия (прибыль), потребителей услуг (затраты времени и денежных средств) и общества (техническая и экологическая безопасность).

До сих пор остается нерешенной проблема определения затрат автосервисного предприятия на хранение запасных частей на складах предприятия, а также на оформление и размещение заказов на них.

Для разработки математической модели обеспечения запасными частями автосервисного предприятия предложена методика, которая позволяет определить затраты на размещение и оформление заказа необходимого количества материальных ресурсов, а также их хранение.

Определены значения оптимального заказа запасных частей, общие и частные расходы, период планирования.

Установлены закономерности и построены графики общих и частных затрат в зависимости от размера заказа и категории группы деталей.

АВТОСЕРВИСНОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ, МАТЕРИАЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ, ЗАПАСНЫЕ ЧАСТИ АВТОМОБИЛЕЙ, ОПТИМАЛЬНЫЙ ЗАКАЗ, МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ

F. M. Sudak, I. F. Voronina, A. V. Eremin, G. V. Novikov
Automobile and Highway Institute of Donetsk National Technical University, Gorlovka
Cost Optimization to Manage Spare Parts Reserve at Service Centers

Costs of service centers connected with ordering, receipt and storage of material resources have a significant impact on the prime cost of services. From this, it follows that technical and economic indicators of the enterprise are changed, and ultimately it is difficult for the enterprise to compete in the market of auto services.

Inventory management should provide complete satisfaction of enterprise interests (profit), consumers of services (time and money expenses), and society interests (technical and environmental safety).

The problem of cost determination of the service center for storing spare parts in warehouses and for ordering and placing orders in them remains still unsolved.

To develop a mathematical model of providing spare parts for a service center, a technique that allows to determine costs of placing and ordering the necessary amount of material resources as well as their storage is suggested.

Optimal order values of spare parts, general and particular expenses, planning horizon are determined.

Patterns are established and graphics of general and particular expenses depending on the order size and category of parts group are built.

SERVICE CENTERS, MATERIAL RESOURCES, AUTOMOBILE SPARE PARTS, OPTIMAL ORDER, MATHEMATICAL MODEL

Сведения об авторах:

Ф. М. Судак

Телефон: +38 (06242) 55-29-60
+38 (06242) 55-29-82
+38 (06242) 55-20-26

Эл. почта: voronina.adi@mail.ru

И. Ф. Воронина

Телефон: +38 (06242) 55-29-60
+38 (06242) 55-29-82
+38 (06242) 55-20-26

Эл. почта: voronina.adi@mail.ru

А. В. Еремин

Телефон: +38 (06242) 55-29-60
+38 (06242) 55-29-82
+38 (06242) 55-20-26

Эл. почта: voronina.adi@mail.ru

Г. В. Новиков

Телефон: +38 (06242) 55-29-60
+38 (06242) 55-29-82
+38 (06242) 55-20-26

Эл. почта: voronina.adi@mail.ru

Статья поступила 17.04.2019

© Ф. М. Судак, И. Ф. Воронина, А. В. Еремин, Г. В. Новиков, 2019

Рецензент: С. В. Никульшин, канд. техн. наук, доц., АДИ ГОУВПО «ДОННТУ»