

**Министерство образования и науки  
Российской Федерации**

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Оренбургский государственный университет»**

**Кафедра технической эксплуатации и ремонта автомобилей**

**М.И. Филатов, С.В. Булатов**

# **ПЛАНИРОВАНИЕ ПОТРЕБНОСТИ В ЗАПАСНЫХ ЧАСТЯХ НА ПАССАЖИРСКОМ АВТОТРАНСПОРТНОМ ПРЕДПРИЯТИИ**

**Методические указания**

Рекомендовано к изданию редакционно-издательским советом федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Оренбургский государственный университет» для обучающихся по образовательной программе высшего образования по направлению подготовки 23.03.03 Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов

Оренбург 2018

УДК 629.33.027.5  
ББК 39.33-08я7  
Ф 51

Рецензент – кандидат технических наук, доцент Д.А. Дрючин

**Филатов, М. И.**

Ф 51      Планирование потребности в запасных частях на пассажирском автотранспортном предприятии: методические указания / М. И. Филатов, С. В. Булатов; Оренбургский гос. ун-т . – Оренбург : ОГУ, 2018. – 29 с.

Методические указания включают теоретическое изложение материала практического занятия, описание методики планирования потребности пассажирского автотранспортного предприятия в запасных частях и контрольные вопросы для самоподготовки.

Методические указания предназначены для выполнения практической работы по дисциплинам «Основы технической эксплуатации и ремонта автомобилей», «Технологические процессы технического обслуживания транспортных и транспортно-технологических машин и оборудования», «Технология и организация сервисного обслуживания автомобилей» для обучающихся направления подготовки 23.03.03 Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов.

УДК 629.33.027.5  
ББК 39.33-08я7

© Филатов М.И.,  
Булатов С.В., 2018  
© ОГУ, 2018

## Содержание

Введение .....	4
1 Общие сведения о запасных частях .....	5
2 Факторы, влияющие на расход запасных частей .....	6
3 Определение потребности автотранспортного предприятия в запасных частях и материалах .....	9
3.1 Назначение и виды норм расхода запасных частей .....	9
3.2 Методы определения норм расхода запасных частей .....	12
3.3 Оценка и сравнение методов определения норм расхода запасных частей .....	17
3.4 Определение номенклатуры и объемов хранения запасных частей на складах .....	17
4 Порядок решения задачи.....	23
Список использованных источников.....	25
Приложение А .....	27
Приложение Б.....	28

## **Введение**

Материально-техническое обеспечение на пассажирском автотранспортном предприятии (ПАТП) представляет собой процесс его обеспечения запасными частями, эксплуатационными и другими материалами, необходимыми для эффективной работы.

Затраты на запасные части составляют от 18 до 25 % всех расходов ПАТП, поэтому проблема определения оптимального количества необходимых запасных частей является весьма актуальной.

Целью данной работы является приобретение навыков в определении потребности пассажирского автотранспортного предприятия в запасных частях, изучение факторов, влияющих на возникновение неисправностей подвижного состава и методов определения такого количества запасных частей, которое позволит не допустить простоев подвижного состава в зонах ремонта в ожидании.

## 1 Общие сведения о запасных частях

Запасные части – это новые или восстановленные части подвижного состава (детали, узлы и агрегаты), предназначенные для замены соответствующих изношенных частей.

Номенклатура запасных частей к определенной модели подвижного состава всегда включает запасные части, применяемые на нескольких моделях или модификациях, поскольку автобусы одной модели нужны потребителям для различных целей, но в то же время могут быть одинаковой мощности.

Значит, на разных модификациях этой модели может применяться один и тот же двигатель и некоторые другие агрегаты и узлы одного и того же изготовителя. Например, сцепление KraftTech, тормозные колодки Ремофф, амортизаторы Кено, генераторы Bosch и т.д. применяются как на автобусах ПАЗ, так и на некоторых автобусах марки КАВЗ.

Независимо от марки автобуса, наиболее часто выходящими из строя являются детали двигателя (26 %), коробки передач (19 %), сцепления (16 %), электрооборудование (16 %), шины (13 %) и другие (10 %). Это очевидно, поскольку автобусы эксплуатируются в городском режиме, где условия перевозок относятся к наиболее тяжелым.

Развитие автомобилестроения характеризуется постоянным улучшением технико-экономических показателей подвижного состава. Достигается это в основном за счет усложнения конструкции и, следовательно, увеличения номенклатуры конструктивных элементов. Соответственно увеличивается и номенклатура необходимых запасных частей [1].

Одним из способов сокращения номенклатуры конструктивных элементов автобусов является их унификация. Детали, узлы, агрегаты автобусов ПАЗ и КАВЗ идентичны, также как и условия эксплуатации, что позволит хранить на складе меньшее количество запасных частей. Но также и

чем выше интенсивность эксплуатации автобусов и ниже квалификация водителя, тем больше при прочих равных условиях расход запасных частей.

В процессе эксплуатации автобусов детали изнашиваются не одновременно [1]. Одна деталь требует замены через 5 тысяч километров пробега, другая – через 15 тысяч, третья – через 30 тысяч, четвертая – при дорожно-транспортных происшествиях (ДТП), пятая – при наличии брака в деталях. Детали и узлы приходится заменять по мере их износа и предусмотреть заранее дату ремонта и потребность в запасных частях можно только ориентировочно, что затрудняет процесс планирования средств для закупок запасных частей на пассажирское автотранспортное предприятие, а также прогноз спроса и планирование создания запасов [2].

## **2 Факторы, влияющие на расход запасных частей**

Эксплуатация подвижного состава пассажирского автотранспортного предприятия осуществляется в городских условиях [3,8]. Эти условия эксплуатации относятся к категории тяжелых. На наш взгляд, одним из факторов, который влияет на техническое состояние подвижного состава, является дорожное полотно. Из-за значительного увеличения интенсивности движения по улицам городов ухудшается и состояние дорожного полотна. Это в итоге сказывается на надежности работы подвижного состава.

С учетом проведенных исследований по выходу из строя элементов подвижного состава (около 200 единиц автобусов ПАЗ и КАВЗ), выявлено, что такой фактор как сезонность, играет определяющую роль в потребности запасных частей.

Колебания спроса на запасные части объясняются влиянием множества факторов [3]: эксплуатационных, технологических, организационных и других, действие которых приходится учитывать.

На рисунке 2.1 изображены эксплуатационные факторы, в разной степени, влияющие на надежность деталей подвижного состава и, следовательно, на потребность в них.

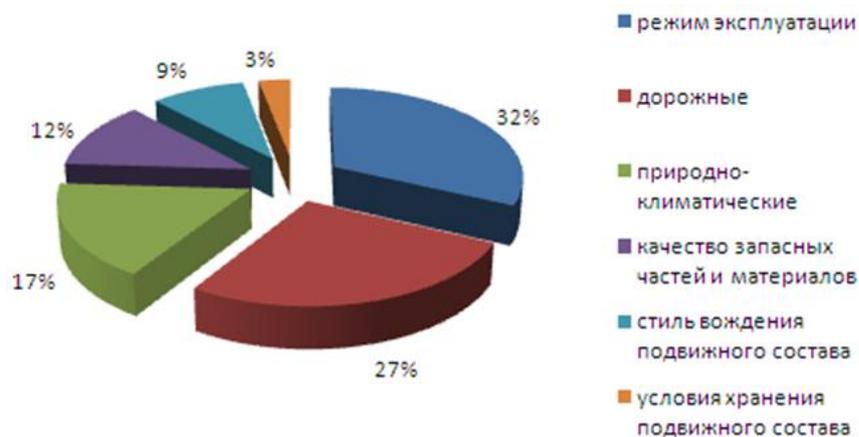


Рисунок 2.1 – Эксплуатационные факторы, влияющие на потребность в деталях подвижного состава

В число эксплуатационных факторов, влияющих на расход запасных частей, входят: режим эксплуатации, стиль вождения автобуса, дорожные и климатические условия и др.

Из числа факторов, относящихся к технологическим, наибольшее влияние на потребность в запасных частях оказывает качество технического обслуживания и ремонта автобусов. Чем оно ниже, тем больше отказов и тем больше деталей требуется для поддержания парка в технически исправном состоянии. Низкое качество используемых запасных частей и материалов сказывается аналогичным образом [6,7,9].

Организационные факторы также заметно влияют на потребность в запасных частях. Чем меньше марок автобусов в парке пассажирского автотранспортного предприятия и чем меньше их средний возраст, тем меньше запасных частей необходимо иметь в наличии [2].

Также на возникновение отказов (внезапные и постепенные) элементов подвижного состава влияют следующие причины, которые представлены на рисунке 2.2.

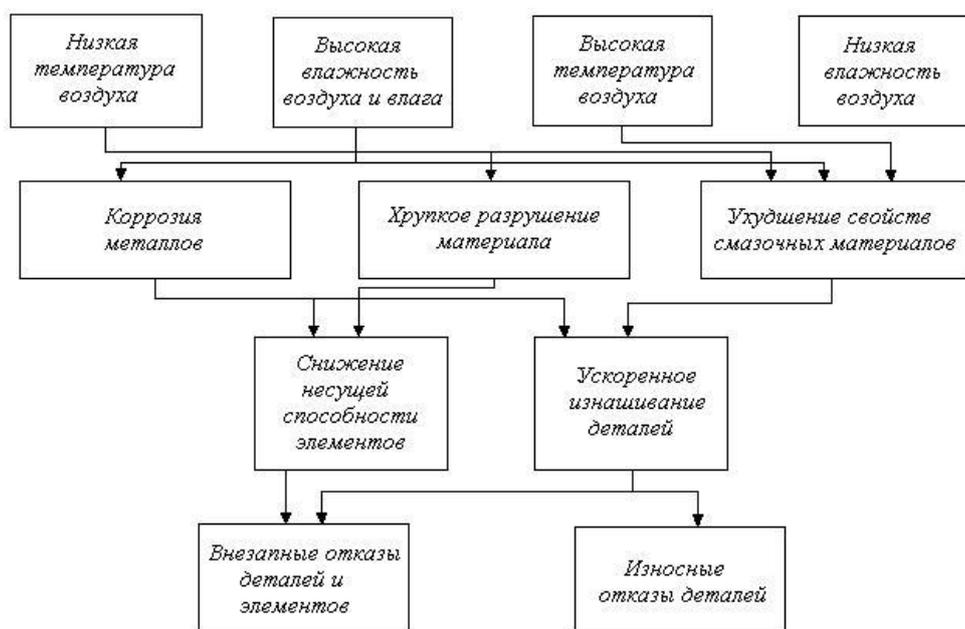


Рисунок 2.2 – Причины возникновения отказов элементов подвижного состава

Величина общего пробега также влияет на расход запасных частей и агрегатов, однако долговечность последних определяет надежность автобуса, а значит, и величину этого пробега.

Рассмотрим на примере надежности подвески [8], которая зависит от пробега автобуса с начала эксплуатации. По мере его увеличения наблюдается потребность деталей подвески в несколько раз больше, расходуемых на поддержание работоспособности автобуса. Уже на третьем году эксплуатации эта номенклатура примерно в 3 раза больше, чем в первый год, что обусловлено выходом из строя большего количества деталей подвески по мере старения автобуса. При наличии на ПАТП разномарочного парка автобусов, имеющего различную степень надежности, значительно осложняется материально-техническое обеспечение [1,4].

С ухудшением дорожных и климатических условий также происходит существенное увеличение расхода запасных частей.

При планировании потребности в деталях и узлах необходимо учитывать не только специфические условия эксплуатации автобусов [3,8],

внутренние свойства надежности конструкций и прочие факторы, но и учитывать время года, т. к. расход соответствующей номенклатуры запасных частей будет различным.

Переход элементов конструкций из одного технического состояния в другое обусловлен комплексом постоянно и случайно действующих факторов. При этом возникновение неисправностей деталей подвески является результатом совокупного воздействия внешних эксплуатационных факторов на внутренние — потенциальные свойства конструкции. При планировании потребности в деталях подвески для ПАТП необходимо учитывать не только специфические условия эксплуатации автобусов, внутренние свойства надежности конструкций и прочие факторы, но и учитывать время года, т. к. расход соответствующей номенклатуры запасных частей будет различным, что указывалось выше.

### **3 Определение потребности автотранспортного предприятия в запасных частях и материалах**

#### **3.1 Назначение и виды норм расхода запасных частей**

Потребность в материально-технических ресурсах, необходимых для эксплуатации, а также технического обслуживания и ремонта подвижного состава, на пассажирском автотранспортном предприятии определяется исходя из установленных норм расхода ресурсов.

Все расчеты складских запасов производят исходя из объема транспортной работы всего ПАТП по каждому наименованию или группе запасов в натуральных стоимостных единицах.

Потребность в запасных частях оформляется в виде норм расхода. Виды норм бывают следующие [4]:

– финансовые – средние удельные затраты на запасные части, расходуемые на эксплуатацию, в том числе по видам ТО и ремонта (ТО-1, ТО-2, ТР), руб./1000 км; применяются для парка автобусов при планировании расходов; определяются обобщением опыта, данными по фактическим расходам, аналитическими расчетами;

– номенклатурные – устанавливают средний расход конкретной детали в штуках на  $n$  автомобилей в год (в России  $n=100$ ), содержатся в каталогах заводов-производителей, номенклатурных тетрадях, у дистрибьюторов; включают от 400 до 800 наименований деталей;

– индивидуальные – разрабатываются для конкретного автотранспортного предприятия, фирмы, маршрута; учитывают специфику эксплуатации.

Потребность в топливе для подвижного состава определяют по каждой их марке на основании норм расхода.

Для автобусов установлены следующие виды норм:

– норма на 100 т-км транспортной работы; зависит от разновидности двигателя (бензиновый, дизельный или газовый) и полной массы автобуса;

– норма на езду с пассажирами; учитывает увеличение расхода, связанное с маневрированием в пунктах посадки-высадки;

– базовая норма на 100 км пробега автобуса; расход топлива зависит от его пробега; устанавливается для однозначно определенных дорожно-эксплуатационных, климатических и нагрузочных условий работы.

Нормы гарантийного пробега запасных частей установлены заводами-изготовителями соответствующей продукции, представленной в таблице 3.1.

Таблица 3.1 – Гарантийные нормы пробега запасных частей

Назначение узлов и агрегатов	Гарантийная норма, тыс.км
1 Двигатель	200
2 Сцепление	150
3 Коробка передач	180
4 Задний мост	180
5 Подвеска	150
6 Передний мост	180
7 Колеса и ступицы	85
8 Рулевое управление	150
9 Тормозные механизмы	120

Заводы-изготовители несут ответственность за детали, узлы и агрегаты, преждевременно вышедшие из строя, при условии соблюдения правил их эксплуатации и хранения.

С точки зрения использования оборотных средств целесообразно иметь минимальные производственные запасы. Минимальная потребность в производственных запасах определяется при условии эффективности, т. е. лучшим считается тот вариант обеспечения запасными частями, который дает возможность лучше обслуживать подвижной состав при минимальном уровне производственных запасов. Исходя из этих условий, следует определить номенклатуру запасных частей, которую необходимо иметь на складе и их количество.

За определенный период делается выборка из заказов-нарядов и определяется расход запасных частей, поступающих в ремонтные зоны со склада ПАТП или из специализированного магазина. Эти выборки должны быть и за короткий срок (смена, неделя, месяц) и накапливаться за квартал, год и т.д. Эти данные обязательно должны записываться и обрабатываться согласно требованиям математической статистики.

Таким образом, проанализированная за определенный период и накопленная статистика по расходу запасных частей и материалов дает возможность формировать производственные запасы.

## 3.2 Методы определения норм расхода запасных частей

### 3.2.1 Расчет средних норм расхода запасных частей

За весь срок службы автобуса до списания  $t_a$  его общая наработка  $x_a$  при среднем годовом пробеге  $\bar{x}_\Gamma = A_{\text{д}} I_c$  составит  $x_a = \bar{x}_\Gamma t_a$ . Замена детали, узла или агрегата производится с некоторой периодичностью. Обычно части автобуса, поступающего в эксплуатацию с завода, служат дольше, чем части, устанавливаемые на автобус при его текущем ремонте. Если наработка автобуса до первой замены части в среднем равна  $\bar{x}_1$  (тыс. км), то наработка (средний ресурс) второй и последующих замен  $\bar{x}_2 = \eta \bar{x}_1$  (тыс. км), где  $\eta \leq 1$  – коэффициент, учитывающий уменьшение ресурса деталей вследствие общего старения автобуса и несовершенства технологического текущего ремонта.

Принимая значение коэффициента постоянным, можно определить число второй и последующих замен части деления соответствующего отрезка наработки автобуса  $x_a - \bar{x}_1$ , на средний ресурс части  $\bar{x}_2$ . Начиная счет с первой замены можно найти число запасных частей, устанавливаемых на автобус за весь срок его службы до списания:

$$N_a = \frac{x_a - \bar{x}_1}{\bar{x}_2} = \frac{x_a - \bar{x}_1}{\eta \bar{x}_1}. \quad (3.1)$$

Зная  $N_a$ , можно определить годовую потребность автобуса в запасных частях:

$$N_\Gamma = \frac{\bar{x}_\Gamma t_a - \bar{x}_1}{\eta \bar{x}_1 t_a} = \frac{1}{\eta} \left( \frac{\bar{x}_\Gamma}{\bar{x}_1} - \frac{1}{t_a} \right). \quad (3.2)$$

Если в конструкции автобуса используется  $n$  однотипных деталей, то годовая потребность в запасных частях может быть представлена как средняя норма запасных частей, которая обычно дается не на один, а на 100 автобусов:

$$H = \frac{100n}{\eta} \left( \frac{\bar{x}_r}{\bar{x}_1} - \frac{1}{t_a} \right), \quad (3.3)$$

где  $H$  – средняя годовая норма запасных частей;

$n$  – число нормируемых частей на одном автобусе;

$\eta$  – коэффициент, учитывающий уменьшение ресурса частей, установленных на автобус при его текущем ремонте;

$\bar{x}_r$  – средний годовой пробег автобуса;

$\bar{x}_1$  – средний ресурс части в начальный период эксплуатации;

$t_a$  – срок службы автобуса.

На основании полученной расчетной формулы можно составить номенклатурные справочники норм расхода запасных частей по всем моделям автобусов на пассажирском автотранспортном предприятии.

### 3.2.2 Расчет норм расхода запасных частей при установившемся потоке отказов

Расчет позволяет определить такие нормы запаса запасных частей, которые с любой заранее заданной вероятностью гарантируют отсутствие простоев автобуса из-за нехватки запасных частей в течение планируемого периода. Метод расчета приемлем при любом числе автобусов, если ресурс запасных частей описывается экспоненциальным законом (отказы носят внезапный характер, например, разрыв колеса, сколы и трещины лобового стекла и т.п.), а также может быть распространен на большие группы

автобусов, разнородных по наработке и сроку службы, когда ресурс описывается любым законом распределения вероятностей.

В первом и втором случаях, когда отказы нормируемых деталей происходят на разных автобусах и не связаны друг с другом, число отказов за планируемый промежуток описывается законом Пуассона  $P(k) = \frac{a^k}{k!} e^{-a}$ , где параметр распределения  $a$  – это средний расход запасных частей за планируемый период.

При запасе  $H_\alpha$  частей вероятность, что случайное число отказов будет меньше этого запаса, выразится суммой вероятностей:

$$\alpha = P(k=0) + P(k=1) + P(k=2) + \dots + P(k=H_\alpha). \quad (3.4)$$

Используя закон Пуассона, можно записать:

$$a = e^{-a} \sum_{k=0}^{H_\alpha} \frac{a^k}{k!}. \quad (3.5)$$

Для удобства расчета преобразим формулу 3.5, перенося постоянный множитель в левую часть равенства:

$$ae^a = \sum_{k=0}^{H_\alpha} \frac{a^k}{k!}. \quad (3.6)$$

Зная средний расход запасных частей и задаваясь требуемой вероятностью отсутствия простоев автобусов из-за нехватки запасных частей, подсчитывают левую часть равенства, а затем начинают считать сумму правой части последовательным перебором числа  $k$  до момента, когда значение суммы достигнет значения левой части равенства. То число  $k$ , при котором будет достигнуто равенство, и будет искомой нормой запасных частей  $H_\alpha$ .

На основании рассмотренных формул составлены таблицы относительных норм  $P = \frac{H_\alpha}{a}$  запасных частей, обеспечивающих заданную вероятность отсутствия простоев из-за их нехватки. Рассмотрим фрагмент такой таблицы со значениями относительных норм  $\rho$  (таблица 3.2).

Анализируя табличные значения, можно заметить очень важную закономерность: чем больше средний расход запасных частей, тем ближе значение  $\rho$  к единице, т.е. при больших средних расходах незначительное превышение средних запасов гарантирует высокую вероятность отсутствия простоев из-за нехватки запасных частей.

Таблица 3.2 – Относительные нормы запасных частей  $\rho$

Вероятность $\alpha$	Средний расход запасных частей				
	25	100	...	1000	5000
0,900	1,24	1,18	...	1,04	1,02
...	...	...	...	...	...
0,998	1,6	1,29	...	1,09	1,04

Для гарантии отсутствия простоев подвижного состава в зонах ремонта предприятию необходимо иметь запас таких часто потребляемых деталей, как подшипники, шестерни, прокладки и т.д., в несколько раз, превышающий их средний расход, и тогда, даже при незначительном превышении среднего расхода, запросы всех потребителей будут удовлетворены с высокой гарантией.

Тем не менее, рассмотренный метод расчета норм запасных частей крайне необходим при организации работы автобусов вдали от ПАТП, при ограничениях в поставке запасных частей (северный завоз и т.п.) [4].

### 3.2.3 Расчет норм расхода запасных частей при неустановившемся потоке отказов

Область применения метода может быть наглядно определена следующим примером [4].

В планируемый год на пассажирском автотранспортном предприятии предусмотрено получение 20 новых автобусов. Средний ресурс двигателя данной модели автобусов  $\bar{x} = 185$  тыс. км при  $\sigma_x = 40$  тыс. км. Требуется запланировать потребность в капитальных ремонтах двигателей при годовом пробеге автобусов  $x_2 = 110$  тыс. км.

Если запланировать число капитальных ремонтов как среднюю норму, то  $N \cong \frac{nx_{\Gamma}}{x} = \frac{20 \cdot 110}{185} = 12$  шт. Очевидно, что такая норма не будет соответствовать действительности, поскольку мы имеем дело с новыми автобусами и вероятность потребности в капитальном ремонте на протяжении 110 тыс. км будет мала.

В этом примере, когда в эксплуатацию вступают одновременно все рассматриваемые автобусы, поток отказов будет явно не установившимся.

Автобус представляет собой систему, работоспособность которой после отказа может многократно восстанавливаться путем замены или ремонта агрегата, узла, детали и т.п. Эксплуатация вновь поставленных запасных частей начинается с момента отказа предыдущих. Общая наработка автобуса до отказа  $k$ -й части является случайной величиной  $x_0 = x_1 + x_2 + \dots + x_k$ ,

математическое ожидание этой величины может быть выражено суммой математических ожиданий средних ресурсов  $m_x = \sum_{i=1}^k m_{xi}$ , а среднее

квадратическое отклонение (дисперсия)  $\sigma_0^2 = \sum_{i=1}^k \sigma_i^2$ .

При малых наработках автобусов для точного выражения ожидаемого числа отказов необходимо использовать функцию потока отказов, суммирующую и целочисленные значения отказов и их доли, выраженные вероятностями отказов:

$$\Omega(x) = \sum_{k=1}^{\infty} F(x). \quad (3.7)$$

Расчет норм запасных частей при неустановившемся потоке отказов может быть произведен графоаналитическим методом на основе композиции распределений. Поясним применение метода на примере (см. приложение Б).

### **3.3 Оценка и сравнение методов определения норм расхода запасных частей**

Наиболее точную оценку дает первый метод – по  $\Omega(x)$  [4]:

- при малых ресурсах деталей ( $L_1 \ll L_\gamma$ ) расхождение между методами незначительно;

- при оценке расхода только по ресурсу до первой замены погрешность наибольшая;

- учет вариации ресурса детали дает значительное уточнение норм при больших вариациях ( $v > 0,3-0,4$ ) и значительных ресурсах деталей  $\eta L_1 > L_\gamma$ .

Таким образом, наличие объективной информации по надежности ( $\Omega$ ,  $L_1$ ,  $\eta$ ) и условиям эксплуатации автобусов ( $L_\Gamma$ ,  $L_a$ ) позволяет повысить точность определения норм, обеспечить надежную работу автобусов, сократить затраты на запасные части.

### **3.4 Определение номенклатуры и объемов хранения запасных частей на складах**

Запас топлива  $Z_\Gamma$  на все виды работ (линейную, внутригаражные и технические надобности) определяют из выражения:

$$Z_T = 1,01 \cdot \frac{\sum l_c \cdot H_T \cdot D_3^T \cdot \gamma}{100}, \quad (3.8)$$

где  $H_T$  – норма расхода топлива, л/100 км;

$l_c$  – среднесуточный пробег, км;

$D_3^T$  – продолжительность хранения топлива (для городских условий);

$D_3^T = 2$ , для удаленных районов;

$D_3^T = 3$ , для северных районов;

$D_3^T = 10$ , для дизельного топлива, дней;

$\gamma$  – коэффициент изменения нормы расхода топлива.

Потребность в смазочных материалах рассчитывается на основе норм, которые устанавливаются для каждой марки и модели подвижного состава в литрах на 100 л расхода топлива, а нормы расхода пластичных смазок — в килограммах на 100 л расхода топлива.

Запас смазочных материалов  $Z_M$  устанавливают в зависимости от расхода топлива:

$$Z_M = \frac{Z_T \cdot H_M \cdot D_3^M}{D_3^T \cdot 100}, \quad (3.9)$$

где  $H_M$  – норма расхода смазочных материалов, %;

$D_3^M$  – продолжительность хранения смазочных материалов (для масел

двигателей  $D_3^M = 10 \div 15$ , для остальных масел  $D_3^M = 30$ ), дней.

Запас масла должен составлять около 4 % от запаса топлива. Значения  $H_T$  и  $H_M$  приводятся в справочной литературе [2-4].

Нормы эксплуатации шин подвижного состава устанавливаются на основе среднестатистического пробега шин, снятых с эксплуатации. При этом они устанавливаются для каждого типоразмера и модели шины, а также каждой модификации подвижного состава и должны соответствовать определенным условиям работы подвижного состава.

Запас шин  $Z_{Ш}$  равен:

$$Z_{Ш} = \frac{\sum I_C \cdot K_{Ш} \cdot D_3^{Ш}}{L_H}, \quad (3.10)$$

где  $K_{Ш}$  – количество рабочих колес автобуса;

$D_3^{Ш}$  – продолжительность хранения шин ( $D_3^{Ш} = 20 \div 30$ ), дней;

$L_H$  – норма пробега шины, км.

При расчете потребности в материалах и запасных частях, необходимых для проведения ТО и ТР подвижного состава, нормы расхода установлены в натуральном выражении на 1000 км пробега по видам технического воздействия (ЕО, ТО-1, ТО-2, ТР).

Потребность ПАТП в запасных частях определяется в основном надежностью автобусов (агрегатов, деталей), интенсивностью эксплуатации и возрастной структурой подвижного состава.

Запас материалов и запасных частей  $Z_{М.З.Ч}$  определяют по формуле:

$$Z_{М.З.Ч} = \frac{\sum I_C \cdot Q \cdot \omega \cdot D_3^{М.З.Ч}}{10000 \cdot 100}, \quad (3.11)$$

где  $Q$  – масса автобуса, кг;

$D_3^{М.З.Ч}$  – продолжительность хранения материалов и запасных частей

( $D_3^{М.З.Ч} = 30 \div 60$ ), дней;

$\omega$  – процент от массы автобуса на 10000 км пробега (таблица 3.3).

Таблица 3.3 – Значения  $\omega$  для автобусов

Наименование	Значение
Запасные части	1,0 – 1,5
Металлы и метизы	0,7 – 1,0
Химикаты и лакокраски	0,2 – 0,3
Прочие материалы	0,2 – 0,3

Запас узлов и агрегатов рассчитывают по формуле:

$$Z_A = \frac{A_C \cdot n_a}{100}, \quad (3.12)$$

где  $n_a$  – количество оборотных узлов или агрегатов на каждые 100 автобусов.

Очевидно, что хранить все выпускаемые в качестве запасных частей детали у дилера, и тем более на ПАТП, не рационально. Это приведет к значительному увеличению запасов, росту складских площадей и, самое главное, к неэффективному использованию запасов - большая их часть останется лежать "мертвым грузом". С другой стороны, поскольку выход деталей из строя носит случайный характер, то теоретически в любой момент может понадобиться любая из запасных

Изучение отечественного и зарубежного опыта организации МТО показало, что решается эта сложная задача путем применения складской формы продвижения продукции от изготовителей к потребителям, заключающейся в централизации различных по номенклатуре и объему запасов на складах различных уровней.

По мере необходимости детали нужной номенклатуры со склада высшего уровня передаются на склад низшего уровня, поддерживая тем самым необходимый для удовлетворения спроса запас на каждом из них.

Определение номенклатуры запасных частей и объемов хранения на складах разного уровня осуществляется различными методами. В основу наиболее распространенного положено деление всей номенклатуры запасных частей для каждой модели автобуса по частоте спроса на группы *A*, *B* и *C*.

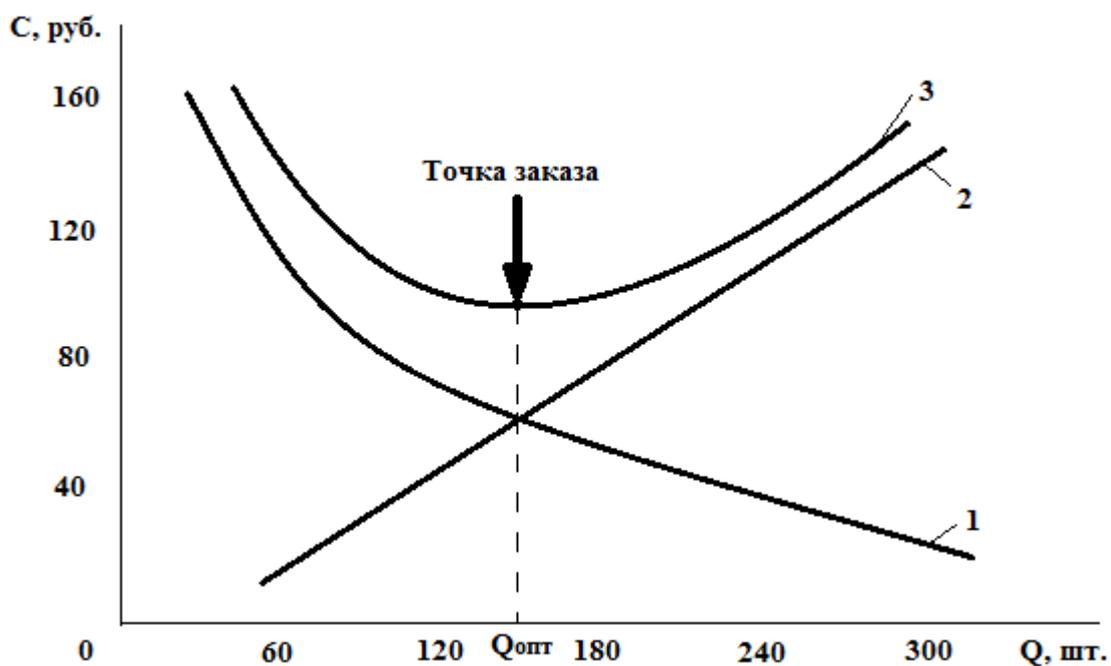
Первая группа (детали высокого спроса) включает около 20% общей номенклатуры запасных частей. Ими удовлетворяется около 85% заказов потребителей, а стоимость составляет 65% стоимости всей потребляемой номенклатуры. Именно эти детали чаще всего выходят из строя, и заменой их в ремонтных зонах на ПАТП устраняют большую часть неисправностей и отказов.

Вторая группа (детали среднего спроса) включает около 20% общей номенклатуры, но ими удовлетворяется только 10% спроса на запасные части, а стоимость составляет около 30%.

Третья группа (детали редкого спроса) включает более 60% общей номенклатуры. Ими удовлетворяется 5% спроса на запасные части, стоимость составляет около 5%.

Детали, относящиеся к той или иной группе, определяют на основе анализа продаж за предыдущие периоды и перераспределяют с учетом текущей информации о спросе и движении запасных частей в системе.

Для определения объема хранения каждой детали и момента заказа очередной партии для пополнения запаса применяются различные методы - от простейших таблиц спроса до сложных экономико-математических расчетов. С их помощью определяют размер заказа и количество заказов в году, при которых суммарные затраты на закупку и хранение одной детали минимальны (рисунок 3.1).



1 – затраты на закупку; 2 – затраты на хранение; 3 – суммарные затраты

Рисунок 3.1 – Определение оптимального размера и момента заказа запасных частей

Если одновременно заказать всю годовую потребность в деталях, то затраты на закупку (подготовка заказа, получение и доставка, контроль и др.) будут на единицу заказа минимальными, а затраты, связанные с хранением, — максимальными. Например, при годовой потребности в 300 деталей и единовременном их заказе запас в течение года будет изменяться от максимального, равного 300, до минимального, равного нулю. При этом расходы на хранение будут определяться средним по году уровнем запаса, равным 150 деталям.

Если размер заказа сократить в 10 раз (до 30 деталей), то расходы на хранение будут определяться новым средним уровнем запаса, равным 15 деталям, т.е. сократятся, а затраты на закупку увеличатся (вместо одного - 10 заказов).

Оптимальный размер заказа  $Q$  по критерию минимизации совокупных затрат на хранение запаса и повторение заказа рассчитывается по формуле Вильсона [5]:

$$Q = \sqrt{2AS/C} \quad (3.13)$$

где  $A$  – затраты на закупку единицы заказа, руб.;

$S$  – годовой расход данной детали, шт.;

$C$  – затраты на хранение единицы заказа, руб.

Сеть сбыта строится таким образом, чтобы гарантировать получение новых деталей, относящихся к группе  $A$ , в течение суток, а к группам  $B$  и  $C$  – через 2-3 сут. после поступления заказа.

Для обеспечения этого объемы хранения деталей во всех звеньях сети регулируются так, чтобы на складах дилеров хранились 1-2-месячные запасы деталей высокого спроса, а на региональных – 2-3-месячные запасы деталей высокого и среднего спроса.

#### **4 Порядок решения задачи**

Перед проведением расчетов необходимо ознакомиться с характеристикой подвижного состава, предложенного в варианте задания, определить тип топлива, потребляемого  $i$ -й маркой автобуса.

Далее необходимо провести расчет нормы расхода запасных частей:

- определить число запасных частей, устанавливаемых на автобус за весь срок его службы до списания по формуле 3.1;

- определить годовую потребность автобуса в запасных частях по формуле 3.2;

- определить среднюю норму запасных частей по формуле 3.3.

Затем определяем номенклатуру и объемы хранения запасных частей (по варианту) на складах:

- определить запас топлива  $i$ -й марки автобуса по формуле 3.8;

- по формуле 3.9 определить потребность ПАТП в смазочных материалах;

- по формуле 3.10 определить потребность ПАТП в шинах;

- по формуле 3.11 определить потребность ПАТП в запасных частях и материалах;

- по формуле 3.12 определить потребность ПАТП в узлах и агрегатах.

- по формуле 3.13 определить оптимальный размер заказа по критерию минимизации совокупных затрат на хранение запаса и повторение заказа, а также по полученным значениям построить график оптимального размера заказа.

## Список использованных источников

1 Аринин, И.Н. Техническая эксплуатация автомобилей. Управление технической готовностью подвижного состава: учеб. пособие / И.Н. Аринин, С.И. Коновалов, Ю.В. Баженов, А.А. Бочков. – Владимир: Изд-во Владимирского ГУ, 2013. – 220 с.

2 Бачурин, А.А. Планирование и прогнозирование деятельности автотранспортных организаций / А.А. Бачурин. - Вологда: Инфра-Инженерия, 2011. – 272 с.

3 Булатов, С.В. Влияние условий эксплуатации на работоспособность автобусов КАВЗ // Сборник научных трудов по материалам международной заочной научно-практической конференции, г. Воронеж, 2015 г. – № 8. – С. 62-66.

4 Кузнецов, Е.С. Техническая эксплуатация автомобилей: учебник для вузов / Е.С. Кузнецов, А.П. Болдин, В.М. Власов; под общ. ред. Е.С. Кузнецова. Изд. 4-е, перераб. и доп. М.: Наука, 2011. – 535 с.

5 Малкин, В.С. Теоретические основы технической эксплуатации автомобилей: учеб. пособие / В.С. Малкин. – Тольятти: Изд-во ТГУ, 2014. – 110 с.

6 Филатов, М.И. Определение потребности пассажирских автотранспортных предприятий в запасных частях путем прогнозирования / М.И. Филатов, С.В. Булатов // Автотранспортное предприятие, 2015. – № 7. – С. 36-39.

7 Филатов, М.И. Определение оптимального размера партии поставки запасных частей на автотранспортное предприятие / М.И. Филатов, С.В. Булатов // Автотранспортное предприятие. – 2016. – № 1. – С. 46-48.

8 Филатов, М.И. Влияние сезонности на величину спроса и потребления деталей передней подвески автобусов / М.И. Филатов, С.В. Булатов // Автотранспортное предприятие. – 2016. – № 6. – С. 37-40.

9 Филатов, М.И. Управление расходом запасных частей с учётом их качества на пассажирском автотранспортном предприятии / М.И. Филатов, С.В. Булатов // Интеллект. Инновации. Инвестиции. – 2017. – № 11. – С. 47-51.

## Приложение А

(обязательное)

### Варианты заданий для расчета потребности ПАТП в запасных частях

Таблица А.1 – Варианты заданий для расчета потребности ПАТП в запасных частях

№ вар.	Марка автобуса	Наименование узла или агрегата	$t_a$	$A_d$	$\bar{x}_1$	$\eta$	$l_c$	$\gamma$	$A_c$	$n_a$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	ЛИАЗ-525660	Сцепление	15	365	10	0,6	180	0,25	60	8
2	ЛИАЗ-525660-01	Коробка передач	15	365	12	0,5	190	0,22	65	5
3	ЛИАЗ-525110	Двигатель	15	365	10	0,8	170	0,23	70	3
4	ЛИАЗ-529260	Карданный вал	15	365	15	0,8	160	0,24	55	14
5	КАВЗ 4235	Дифференциал	12	365	10	0,7	310	0,19	110	11
6	КАВЗ 4238	Рулевые тяги	12	365	10	0,6	300	0,21	130	18
7	ПАЗ-4234	Сцепление	10	365	10	0,5	240	0,25	150	23
8	ПАЗ-320405-12	Полуоси	10	365	8	0,4	250	0,23	160	24
9	ПАЗ-32053	Двигатель	10	365	8	0,6	260	0,24	170	4
10	ПАЗ-32054	Сцепление	10	365	9	0,9	220	0,22	160	23
11	ПАЗ-3206	Коробка передач	10	365	10	0,6	210	0,23	160	6
12	ПАЗ-3206-110	Дифференциал	10	365	12	0,5	200	0,21	150	13
13	НЕФАЗ-52994	Пневмоподвеска	15	365	13	0,8	180	0,15	40	2
14	НЕФАЗ-5299	Полуоси	15	365	14	0,8	160	0,17	55	10
15	Volgabus-Марафон	Сцепление	15	365	15	0,7	220	0,18	60	21
16	Volgabus СитиРитм-10 DLE	Коробка передач	15	365	15	0,6	230	0,18	50	4
17	Volgabus-Серпантин	Двигатель	15	365	12	0,5	250	0,17	55	2
18	Volgabus-Дельта 12	Карданный вал	15	365	11	0,4	280	0,19	40	10
19	Волжанин-3290	Дифференциал	15	365	10	0,6	300	0,21	45	3
20	Волжанин-4250	Рулевые тяги	15	365	10	0,9	310	0,22	55	12
21	Волжанин-5268	Сцепление	15	365	12	0,6	290	0,21	50	16
22	Волжанин-5270	Полуоси	15	365	12	0,5	260	0,23	40	18
23	Волжанин-5285	Двигатель	15	365	14	0,8	270	0,24	45	2
24	Волжанин-6216	Сцепление	15	365	12	0,8	240	0,22	60	8
25	Волжанин-6270	Коробка передач	15	365	10	0,7	250	0,21	45	3
26	Волжанин "СитиРитм-12"	Дифференциал	15	365	15	0,6	230	0,20	55	2
27	Волжанин "СитиРитм-15"	Пневмоподвеска	15	365	15	0,5	290	0,19	60	2
28	Волжанин "СитиРитм-18"	Полуоси	15	365	10	0,4	320	0,25	60	16
29	ГАЗ ВЕКТОР NEXT	Сцепление	10	365	9	0,6	220	0,12	35	22
30	ГАЗ ВЕКТОР 8.8	Коробка передач	10	365	8	0,9	200	0,13	40	2

## Приложение Б (справочное)

### Пример расчета норм запасных частей при неустановившемся потоке отказов

Парк автобусов на начало планируемого периода состоит из двух групп, первая из которых (100 авт.) не имеет начального пробега, вторая (200 авт.) на начало планируемого периода имеет пробег среднем 65 тыс. км. Планируемый годовой пробег 80 тыс. км, квартальный – 20 тыс. км.

Новые двигатели имеют средний ресурс  $\bar{x}_n = 150$  тыс. км и  $\sigma_n = 30$  тыс. км, капитально отремонтированные двигатели –  $\bar{x}_p = 105$  тыс. км и  $\sigma_p = 25$  тыс. км.

Рассчитаем числовые характеристики композиции распределении:

$$\begin{aligned} \bar{x}_1 &= \bar{x}_n = 150, & \sigma_1 &= \sigma_n; \\ \bar{x}_2 &= 150 + 105 = 255, & \sigma_2 &= \sqrt{30^2 + 25^2} = 39,05; \\ \bar{x}_3 &= 150 + 2 \cdot 105 = 360, & \sigma_3 &= \sqrt{30^2 + 2 \cdot 25^2} = 46,37; \\ \bar{x}_4 &= 150 + 3 \cdot 105 = 465, & \sigma_4 &= \sqrt{30^2 + 3 \cdot 25^2} = 52,68; \end{aligned}$$

Далее считать не имеет смысла, поскольку нас интересует интервал наработки до 80 тыс. км, на котором вероятность капитального ремонта более четырех двигателей на одном автомобиле очень мала.

Используя численные значения квантилей нормального закона для различных вероятностей  $F(z)$  в диапазоне от 0 до 1, находим соответствующие наработки  $x_k = z \cdot \sigma_k + \bar{x}_k$  и строим композицию распределений (рисунок Б.1).

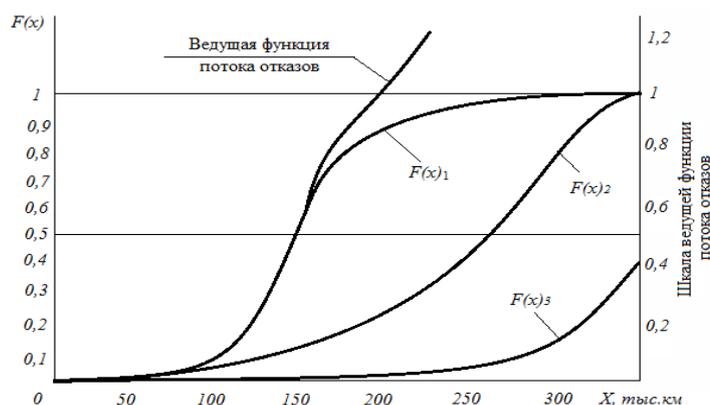


Рисунок Б.1 – Построение ведущей функции потока отказов

Функцию потока отказов  $\Omega(x)$  находим суммированием ординат всех изображенных на графике кривых вероятностей отказов для одинаковых значений наработки  $x$ . Естественно, что при малых наработках кривая функции потока отказов мало отличается от кривой вероятности отказа первого двигателя.

Определив приращение функции потока отказов по мере наработки в течение квартала (для первой группы автобусов начиная с нуля, а для второй — с 65 тыс. км), можно найти ожидаемое число капитальных ремонтов двигателей по группам автобусов. Расчет сведен в таблицу Б.1.

Таблица Б.1 – Ожидаемое число капитальных ремонтов двигателей по группам автомобилей

Число автобусов $n$	Ведущая функция и число ремонтов по кварталам								Число ремонтов за год
	1-й квартал		2-й квартал		3-й квартал		4-й квартал		
	$\Delta\Omega$	$n\Delta\Omega$	$\Delta\Omega$	$n\Delta\Omega$	$\Delta\Omega$	$n\Delta\Omega$	$\Delta\Omega$	$n\Delta\Omega$	
100	0,00	0,0	0,00	0,0	0,00	0,0	0,01	1,0	1,0
200	0,01	2	0,05	10	0,15	30	0,28	56	98
Итого	—	2	—	10	—	30	—	57	99

Проведенный расчет показывает, что из группы новых автобусов можно ожидать только один капитальный ремонт двигателя в конце года, всего следует планировать 99 капитальных ремонтов.