

Вестник Евразийской науки / The Eurasian Scientific Journal <https://esj.today>

2018, №6, Том 10 / 2018, No 6, Vol 10 <https://esj.today/issue-6-2018.html>

URL статьи: <https://esj.today/PDF/40ECVN618.pdf>

Статья поступила в редакцию 09.11.2018; опубликована 28.12.2018

**Ссылка для цитирования этой статьи:**

Тахтамышев Х.М. Методика обоснования номенклатуры технологического оборудования автотранспортных предприятий // Вестник Евразийской науки, 2018 №6, <https://esj.today/PDF/40ECVN618.pdf> (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ.

**For citation:**

Takhtamyshev Kh.M. (2018). Methodology of technological equipment range substantiation in auto transport enterprises. *The Eurasian Scientific Journal*, [online] 6(10). Available at: <https://esj.today/PDF/40ECVN618.pdf> (in Russian)

УДК 334.02

ГРНТИ 73.31

**Тахтамышев Хизир Махмудович**

ГАОУ ВО «Невинномысский государственный гуманитарно-технический институт», Невинномысск, Россия  
Заведующий кафедрой «Эксплуатация автомобильного транспорта»  
Доктор технических наук, профессор  
E-mail: [hizirt43@mail.ru](mailto:hizirt43@mail.ru)

## **Методика обоснования номенклатуры технологического оборудования автотранспортных предприятий**

**Аннотация.** В статье приводится методика обоснования номенклатуры технологического оборудования, предназначенного для технического обслуживания и ремонта автомобилей автотранспортных предприятий. Отмечается, что технологическое оборудование автотранспортных предприятий подразделяется по функциональным признакам на три группы: экологически обязательное – обеспечивающее охрану труда и окружающей среды (группа А); технологически необходимое (группа В); производительное – предназначенное для повышения производительности труда, включая улучшение качества выполнения работ и ресурсосбережения (группа С). Номенклатура оборудования по первым двум группам формируется исходя из размеров предприятий. Для крупных предприятий этот перечень обеспечивает выполнение всех видов работ. Малые предприятия выполняют часть операций технического обслуживания и ремонта на специализированных станциях технического обслуживания.

Третья группа технологического оборудования требует технико-экономического обоснования с учетом производительности, уровня технологичности, стоимости и уровня загрузки. Последний фактор требует отдельного подхода, так как носит вероятностный характер. В этой связи автором предлагается уровень загрузки определять с помощью формул теории массового обслуживания с учетом производительности оборудования по сравнению с ручным трудом или с производительностью устаревшего оборудования. Пользуясь аналитическими связями между уровнем загрузки и производительностью нового оборудования представилось возможным построить номограмму граничного значения уровня загрузки в зависимости от соотношения удельных издержек от простоев автомобилей, тарифной ставки рабочего и стоимости простоев оборудования. Была также построена

номограмма для определения минимального и оптимального уровней загрузки от соотношения стоимостей простоев автомобилей и оборудования.

Таким образом, предложенные в методике граничные условия экономической целесообразности эксплуатации технологического оборудования автотранспортных предприятий позволяют учесть стоимостные показатели, производительность и вероятностный характер загрузки в подразделениях технической службы и принимать оптимальные решения при повышении уровня механизации работ при техническом обслуживании и ремонте парков автомобилей автотранспортных предприятий.

**Ключевые слова:** технологическое оборудование; техническое обслуживание и ремонт; уровень загрузки; стоимость; теория массового обслуживания; номенклатура; механизация; автотранспортное предприятие; простои; производительность

Формирование номенклатуры технологического оборудования автотранспортных предприятий (АТП) является первым этапом общей задачи обоснования парка оборудования, что в конечном итоге обеспечивает заданный или оптимальный уровень механизации работ при выполнении технического обслуживания (ТО) и ремонта автомобилей [2, 3, 6, 11]. Согласно классификации, предложенной профессором Кузнецовым Е.С. [3], по назначению оборудование делится на 3 группы:

- экологически обязательное – обеспечивающее охрану труда и окружающей среды (группа А);
- технологически необходимое (группа В);
- производительное – предназначенное для повышения производительности труда, включая улучшение качества выполнения работ и ресурсосбережение (группа С).

В общем случае необходимо руководствоваться техническими, социальными и экологическими требованиями. При обосновании целесообразности включения того или иного вида оборудования в номенклатуру, следует также учитывать назначение и характер его использования по приведенным выше классификациям.

В основе подбора оборудования по обеспечению условий охраны труда и окружающей среды лежат социальные требования и строгое технико-экономическое обоснование для этой группы неприемлемо.

Вместе с тем, при выборе типа устройств, приспособлений и станков этой группы из ряда образцов необходимо учитывать масштабы производства [6, 8, 11]. Номенклатура этого оборудования практически не должна зависеть от размеров предприятий и вместе с тем может составлять немалую сумму затрат.

Для технологически необходимого оборудования формирование основной номенклатуры должно производиться исходя из технологической необходимости выполнения определенных операций ТО и ремонта, и не требует количественного обоснования. Исключение составляет модернизация дорогостоящего оборудования, эксплуатация которого может оказаться оправданной при достаточной загрузке или кооперации и централизации выполнения определенного вида работ между несколькими предприятиями [7, 11].

Изношенность оборудования, не обеспечивающего технических условий, является достаточным условием замены. Вопрос о замене изношенного оборудования более технологичным должен учитывать стоимостные показатели, производительность и загрузку [1, 6, 8]. Последний показатель особенно важен, так как в условиях малой загрузки преимущества нового оборудования могут реализовываться не полностью. При этом следует учитывать

концентрацию производства в ремонтно-обслуживающем предприятии, которая отражает основные виды издержек:

$$C_{об1} + A_{p1} \cdot C_A \geq C_{об2} + A_{p2} \cdot C_A, \frac{\psi}{(1-\psi)}, \quad (1)$$

где

$C_{об1}$ ,  $C_{об2}$  – соответственно стоимости аналогичного и более технологичного оборудования;

$A_{p1}$ ,  $A_{p2}$  – среднее количество автомобилей, находящихся в ремонте ежедневно по данному виду воздействия для соответствующих образцов оборудования.

Принимая во внимание вероятностный характер загрузки оборудования и рассматривая его работу как функционирование системы массового обслуживания при одном обслуживающем аппарате и неограниченной длине очереди [5, 10], можно записать:

$$A_{pi} = \frac{\psi}{(1-\psi)}, \quad (2)$$

где

$\psi$  – уровень загрузки оборудования – аналога на данном предприятии.

Обозначив отношение производительностей аналога и более производительного оборудования через  $\varepsilon$ , определим количество автомобилей в ремонте при модернизации оборудования:

$$A_{p2} = \frac{\psi}{\varepsilon \cdot (1 - \frac{\psi}{\varepsilon})} = \frac{\psi}{\varepsilon - \psi} \quad (3)$$

Очевидно, что более производительное оборудование будет иметь в большинстве случаев более высокую стоимость. Обозначив степень увеличения ее через коэффициент  $K$  и приняв во внимание выражения (2) и (3), запишем условие целесообразности модернизации оборудования:

$$C_{об} + \frac{\psi}{(1-\psi) \cdot C_A} \geq C_{об} \cdot K + \frac{\psi \cdot C_A}{(\varepsilon - \psi)} \quad (4)$$

Напомним, что здесь  $C_{об}$  – удельная стоимость оборудования.

Если уровень загрузки централизованного оборудования составляет  $\psi_{ц}$ , то количество автомобилей всех предприятий в ожидании и на ремонте аналогично (2) равно

$$A_{p,ц} = \frac{\psi_{ц}}{(1-\psi_{ц})} \quad (5)$$

Если величина  $\psi_i$  – уровень загрузки оборудования работами конкретного предприятия, то количество его автомобилей, находящихся в ремонте при централизации, будет пропорционально доле

$$\delta_i = \frac{\psi_i}{\psi_{ц}} \quad (6)$$

Тогда общее количество автомобилей данного предприятия, простаивающих в ремонте, определится из соотношения:

$$A_p = A_{p,ч} \cdot \delta_i = \frac{\psi_u \cdot \delta_i}{1 - \psi_u} = \frac{\psi_u \cdot \psi_i}{(1 - \psi_u) \cdot \psi_u} = \frac{\psi}{1 - \psi_u} \quad (7)$$

Теперь условие целесообразности централизации работ по конкретному виду оборудования примет вид:

$$C_{об} + \frac{\psi}{1 - \psi} \cdot C_A \geq \frac{\psi_i}{1 - \psi_u} \cdot C_A + \lambda \cdot (C_\delta + C_p + T_\delta \cdot C_A) \quad (8)$$

где

$T_\delta$  – среднее время доставки автомобиля к централизованному оборудованию, ч;

$\lambda$  – среднесуточная потребность в конкретном виде воздействий.

Производительное оборудование (группа С), как правило, эффективно на средних и крупных предприятиях и специализированных производствах (СТО). Для выявления граничных значений стоимостных показателей, производительности и уровня загрузки, при которых целесообразно использовать тот или иной вид оборудования, рассмотрим следующие ситуации.

Пусть на предприятии определенный вид работ выполняется вручную. Известно, что производительность оборудования, рекомендуемого к внедрению, равна  $\varepsilon$ . Суммарные затраты в этом случае составят:

$$U_1 = A_p \cdot (C_A + C_p), \quad (9)$$

где

$C_p$  – тарифная ставка рабочего.

Количество автомобилей в системе согласно основным формулам теории массового обслуживания [5, 10] равно

$$A_p = \psi \cdot \varepsilon + MA. \quad (10)$$

Тогда

$$U_1 = \psi \cdot \varepsilon \cdot (C_A + C_p) + MA \cdot (C_A + C_p). \quad (11)$$

Издержки предприятия при использовании более производительного оборудования будут равны:

$$U_2 = A_p \cdot (C_A + C_p) + C_{об}. \quad (12)$$

Записав количество автомобилей в ремонте с помощью формул массового обслуживания аналогично (12), составим условие целесообразности использования оборудования:

$$\psi \cdot \varepsilon \cdot (C_A + C_p) + MA \cdot (C_A + C_p) \geq \psi \cdot (C_A + C_p) + MA \cdot (C_A + C_p) + C_{об}. \quad (13)$$

Сократив одинаковые члены неравенства, и решив его относительно  $\psi$ , получим

$$\psi = \frac{1}{S \cdot (\varepsilon - 1)}, \quad (14)$$

где

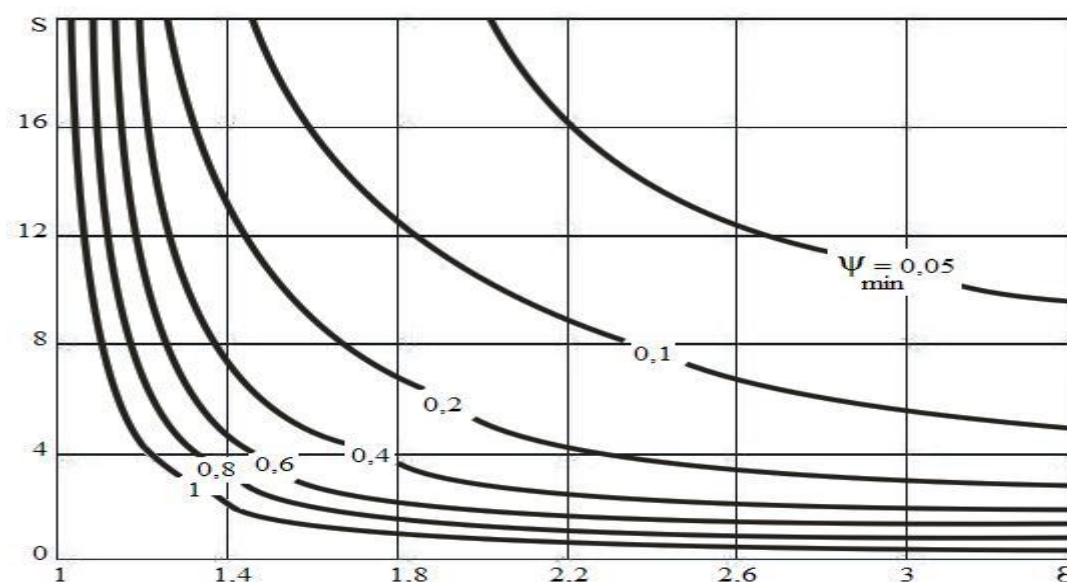
$$S = \frac{C_A + C_P}{C_{об}} - \text{соотношение между соответствующими удельными затратами.}$$

Выражение (14) определяет граничный уровень загрузки оборудования, после которого целесообразно эксплуатировать данный образец с производительностью  $\varepsilon$  и соотношением стоимостей  $S$  (рисунок 1).

Из этого выражения, а также из рисунка 1 видно, что специализация оборудования (уменьшение  $\psi$ ) должна сопровождаться резким увеличением его производительности. Если предлагаемое оборудование незначительно увеличивает производительность труда, то этот недостаток должен компенсироваться более высоким уровнем универсализации (увеличением  $\psi$ ). Последний показатель становится объектом особого внимания ввиду увеличения разномарочности автомобильного парка страны не только за счет отечественных, но и импортируемых автомобилей.

Конкуренция двух образцов оборудования, таким образом, должна учитывать не только производительность, но и их универсальность и стоимость.

Следовательно, значение коэффициента  $\psi$  будет зависеть не только от размеров, но и разномарочности подвижного состава предприятий. Причем подход к разномарочности для каждого вида оборудования должен быть различным. Например, для участков по ремонту топливной аппаратуры и двигателей важно иметь оборудование в зависимости от типов двигателей (бензиновый, дизельный), для зоны текущего ремонта – габариты и вес автомобиля и т. п. При одинаковой универсальности в формуле (14) должна участвовать вместо  $C_{об}$  разность  $\Delta C_{об} = C_{об1} - C_{об2}$ .



**Рисунок 1.** Номограмма для формирования номенклатуры парка технологического оборудования АТП в зависимости от производительности для различных значений соотношения стоимостей  $S$  (рисунок автора)

На практике может возникнуть ситуация, когда производительность и стоимость какого-либо специализированного оборудования чрезвычайно высоки (работы, окрасочные камеры и т. п.).

В условиях случайного характера возникновения требований обеспечить бесперебойную загрузку такого оборудования может оказаться затруднительным. Поэтому целесообразно обеспечивать завышенный поток требований, который обеспечивает высокую

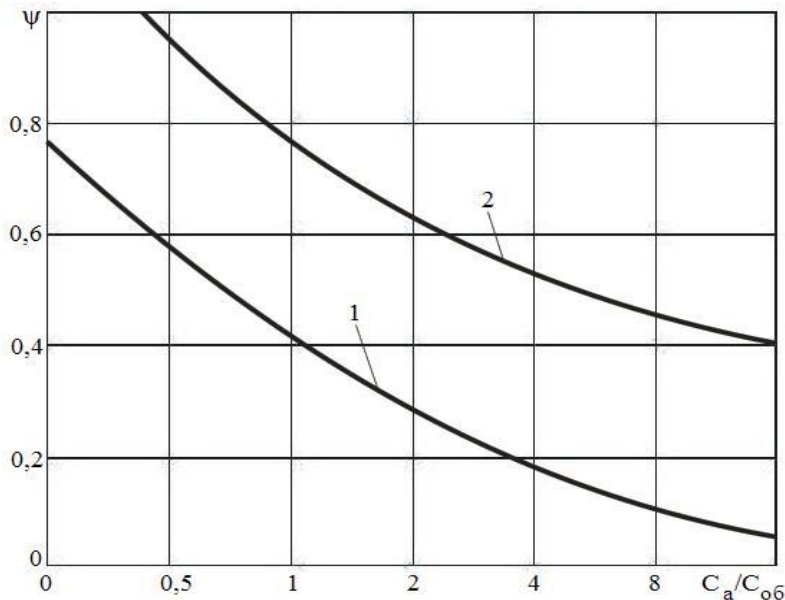
загрузку (рисунок 2), а в случае перегрузки целесообразно выполнять часть работ ручным способом или с помощью менее производительного и малоценного оборудования.

Пользуясь приемами, использованными ранее, представим функционирование оборудования или рабочего (при ручном труде) в виде СМО. Если загрузка оборудования равна  $\psi$ , а рабочего  $\psi \cdot \varepsilon$ , можно составить неравенство, аналогичное (13)

$$\begin{aligned} & \Psi \cdot \varepsilon \cdot (C_A + C_P) + MA \cdot (C_A + C_P) \geq \\ & \geq \Psi \cdot (1 - P_{отк}) \cdot (C_A + C_P) + \Psi \cdot P_{отк} \cdot (C_A + C_P) + MA \cdot (C_A + C_P) + C_{об}, \end{aligned} \quad (15)$$

где

$P_{отк}$  – вероятность полной занятости (отказа) оборудования.



**Рисунок 2.** Изменение минимального (кривая 1) и оптимального (кривая 2) уровней загрузки оборудования в зависимости от соотношений стоимости  $C_a/C_{об}$  (рисунок автора)

Эта вероятность может быть рассчитана по формулам разомкнутой СМО с отказами (потерями) [5, 10], в которой обслуживающим аппаратом является оборудование. В такой системе будет один аппарат, т. е.  $n = 1$ .

Тогда в частном случае вероятность отказа приобретает вид:

$$P_{отк} = \frac{\psi}{1 - \psi}. \quad (16)$$

Ввиду того, что общая производительность для обоих вариантов организации работ принята одинаковой, средняя длина очереди в обоих случаях также одинакова и этот член можно упразднить в обеих частях неравенства. Затем, подставив значения  $P_{отк}$  из (16) в неравенство (15), проведем некоторые преобразования:

$$\psi \cdot \varepsilon \cdot S \geq \frac{\psi \cdot S}{1 + \psi} + \frac{\psi^2 \cdot S \cdot \varepsilon}{1 + \psi} + 1. \quad (17)$$

Отсюда найдем граничное значение уровня загрузки оборудования, имеющего конкретные показатели стоимости и производительности

$$\psi_{\min} = \frac{1}{S \cdot (\varepsilon - 1) - 1}, \quad (18)$$

Сравнив значение минимального уровня загрузки оборудования без допущения и с допущением ручного труда в экстренных случаях по формуле (18) отметим, что в первом случае  $\psi_{\min}$  несколько ниже. Это объясняется большими издержками при пиковых нагрузках, когда оборудование занято и в очереди находится некоторое число автомобилей.

Таким образом, предложенные в методике граничные условия экономической целесообразности эксплуатации технологического оборудования автотранспортных предприятий позволяют учесть стоимостные показатели, производительность и вероятностный характер загрузки в подразделениях технической службы и принимать оптимальные решения при повышении уровня механизации работ при техническом обслуживании и ремонте парков автомобилей автотранспортных предприятий.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Айляров С.Д., Зиманов Л.Л. "Методика определения оптимальной стоимости оборудования поста диагностики" научн.-практич. конф. (2005; Москва). Материалы 63-ой научно-методической и научно-исследовательской конференции. – М: МАДИ-ГТУ 2005. – 5 с.
2. Бакаева Н.В., Чикулаева В.В. Технологическое оборудование для технического обслуживания автомобилей: Учебное пособие. – Орёл: Изд. ОрёлГТУ, 2007.
3. Кузнецов Е.С. Управление технической эксплуатацией автомобилей. – М.: Транспорт, 1982. – 224 с.
4. Котлер Ф. Основы маркетинга: Пер. с англ. – М.: Прогресс, 1990. – 736 с.
5. Саати Т.Л. Элементы теории массового обслуживания и ее приложения. – М.: Советское радио, 1971. – 515 с.
6. Сарбаев, В.И. Механизация производственных процессов технического обслуживания и ремонта автомобилей [Текст]: учебное пособие для слушателей факультетов повышения квалификации, обучающихся по направлениям «Автосервис», «Автомобильный транспорт» / В.И. Сарбаев, С.С. Селиванов, В.Н. Коноплев; Московский государственный индустриальный университет, Институт дистанционного образования. – М.: МГИУ, 2003. – 284 с.
7. Тахтамышев Х.М. основы технологического расчета автотранспортных предприятий. М.: Изд-во "Академия", 2011. – 352 с. ил.
8. Тахтамышев Х.М. Расчет количества технологического оборудования в условиях концентрации и специализации АТП // Автомобильный транспорт: Респ. межвед. науч.-техн. сб. – 1986, Вып. 23, – С. 57-61.
9. Техническая эксплуатация автомобилей: Учебник для вузов. 4-е изд. перераб. и дополн. / Под ред. Е.С. Кузнецова. – М.: Наука, 2001; 2004. – 535 с.
10. Хэнсменн Ф. Применение математических методов в управлении производством и запасами. – М.: Прогресс, 1966. – 278 с.
11. Якушев В.А., Селиванов С.С., Петров В.В. Повышение эффективности использования оборудования при техническом обслуживании и ремонте подвижного состава / Автомобильный транспорт. Обзор, информ. Серия 6. Передовой производ., опыт на автомоб. трансп. – М.: ЦБНТИ Мин-ва автомоб. трансп. РСФСР, 1985. – Вып. 8. – 52 с.

**Takhtamyshev Khizir Makhmudovich**

Nevinnomyssk state social and technical science institute, Nevinnomyssk, Russia  
E-mail: hizirt43@mail.ru

## **Methodology of technological equipment range substantiation in auto transport enterprises**

**Abstract.** The article presents the method of technological equipment range substantiation intended for the maintenance and repair of vehicles of motor transport enterprises. It is noted that the technological equipment of road transport enterprises is divided into three groups according to their functional characteristics: environmentally binding – ensuring the protection of labor and the environment (group A); technologically necessary (group B); productive – designed to increase productivity, including improving the quality of work and resource conservation (group C). The range of equipment for the first two groups is based on the size of enterprises. For large enterprises, this list ensures the performance of all types of work. Small businesses perform part of the maintenance and repair operations at specialized service stations.

The third group of technological equipment requires a feasibility study taking into account performance, level of manufacturability, cost and level of load. The last factor requires a separate approach, as it is probabilistic in nature. In this regard, the author proposes to determine the loading level using formulas of the mass service theory with regard to equipment performance compared with manual labor or with performance of outdated equipment. Using the analytical links between the level of loading and the upgraded equipment performance, it was possible to construct a nomogram of the boundary value of the level of loading depending on the ratio of unit costs from vehicle downtime, the worker's tariff rate and the cost of equipment downtime. A nomogram was also constructed to determine the minimum and optimal load levels from the ratio of the cost of vehicle and equipment downtime.

Thus, the boundary conditions proposed in the methodology for the economic feasibility of operating technological equipment in motor transport enterprises make it possible to take into account cost indicators, performance and probabilistic nature of the capacity load in the technical service departments and to make optimal decisions when increasing the level of work mechanization during maintenance and repair of motor vehicle fleets.

**Keywords:** technological equipment; maintenance and repair; level of loading; cost; theory of mass service; nomenclature; mechanization; motor transport enterprise; downtime; productivity