

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

2018, №5, Том 10 / 2018, No 5, Vol 10 <https://esj.today/issue-5-2018.html>

URL статьи: <https://esj.today/PDF/92ECVN518.pdf>

Статья поступила в редакцию 24.10.2018; опубликована 13.12.2018

Ссылка для цитирования этой статьи:

Белов С.А., Тахтамышев Х.М. Закономерности формирования оптимальных парков технологического оборудования автотранспортных предприятий // Вестник Евразийской науки, 2018 №5, <https://esj.today/PDF/92ECVN518.pdf> (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ.

For citation:

Belov S.A., Takhtamyshev Kh.M. (2018). Patterns of optimal parks formation for technological equipment in motor transport enterprises. *The Eurasian Scientific Journal*, [online] 5(10). Available at: <https://esj.today/PDF/92ECVN518.pdf> (in Russian)

УДК 334.02

ГРНТИ 73.31

Белов Сергей Александрович

ГАОУ ВО «Невинномысский государственный гуманитарно-технический институт», Невинномысск, Россия
Кандидат педагогических наук, доцент
E-mail: belovmail@yandex.ru

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

Закономерности формирования оптимальных парков технологического оборудования автотранспортных предприятий

Аннотация. В статье предлагаются математические модели, критерии оптимальности и выявленные закономерности формирования оптимального парка технологического оборудования автотранспортных предприятий.

Авторы указывают, что первым этапом формирования парка оборудования является обоснование номенклатуры технологического оборудования автотранспортных предприятий. На этом этапе речь идет о группе оборудования, обеспечивающей более высокую производительность и качество выполнения работ по техническому обслуживанию и ремонту автомобилей.

При формировании парка оборудования необходимо рассматривать всю номенклатуру, включая оборудование, предназначенное для обеспечения охраны труда и выполнение обязательных сложных технологических операций. Это обусловлено необходимостью определения количественного состава по каждому конкретному наименованию, поскольку недостаток любого типа оборудования в условиях вероятностного характера спроса может вызвать простои автомобилей в ожидании свободной единицы. Именно фактор неравномерного спроса на услуги по техническому обслуживанию и ремонту наряду со стоимостными показателями является решающим фактором при обосновании необходимого количества одноименного оборудования. В этой связи при решении этой задачи следует учитывать уровень загрузки одной единицы конкретного вида оборудования и по критерию минимума издержек

от простоев автомобилей и удельных затрат на содержание оборудования с учетом стоимостных характеристик пошагово обосновывать приобретение второго и последующего количества единиц.

Авторами отмечается, что технико-экономические показатели конкретного наименования оборудования существенно влияют на обоснование первой единицы, а на втором этапе ее влияние опосредованно отражается на уровне загрузки и не требует рассмотрения как отдельного фактора. В статье процесс функционирования оборудования рассматривается как вероятностный, и для определения уровня загрузки нескольких единиц одноименного оборудования применяется математический аппарат теории массового обслуживания, который позволяет установить аналитические связи между интенсивностью потока заявок на использование конкретного наименования оборудования, интенсивностью обслуживания с помощью конкретного оборудования и количеством единиц.

Авторами составлены функции цели по критерию минимума суммарных издержек от простоя автомобилей и оборудования, которые позволили выявить закономерности формирования парка технологического оборудования в диапазоне уровня загрузки от нуля до единицы для нескольких единиц одноименного оборудования, что охватывает возможные значения на практике. Выявленные закономерности проиллюстрированы с помощью построенных номограмм.

Ключевые слова: технологическое оборудование; загрузка; оптимальный парк; вероятность; теория массового обслуживания; номенклатура; функции цели; производительность; неравномерный спрос; формирование; автотранспортное предприятие; закономерности

Техническое обслуживание и ремонт современных автомобилей невозможен без использования специализированного технологического оборудования. Однако высокая стоимость оборудования вынуждает эксплуатационные предприятия формировать парк оборудования с учетом его эффективности и стоимостных показателей. Первым этапом формирования парка технологического оборудования автотранспортных предприятий является обоснование номенклатуры [1, 2, 4, 7]. Если на этом этапе речь идет о группе оборудования, обеспечивающей более высокую производительность и качество выполнения работ по техническому обслуживанию и ремонту автомобилей, то при формировании всего парка оборудования необходимо рассматривать всю номенклатуру используемого оборудования [6]. Это обусловлено необходимостью определения количественного состава по каждому конкретному наименованию, поскольку недостаток любого типа оборудования в условиях вероятностного характера спроса может вызвать простои автомобилей в ожидании свободной единицы. Именно фактор неравномерного спроса на услуги по техническому обслуживанию и ремонту наряду со стоимостными показателями является решающим фактором при обосновании необходимого количества одноименного оборудования. В этой связи при решении этой задачи следует учитывать на первом этапе уровень загрузки одной единицы конкретного вида оборудования и по критерию минимума издержек от простоев автомобилей и удельных затрат на содержание оборудования с учетом стоимостных характеристик пошагово обосновывать приобретение второго и последующего количества единиц. Заметим, что технико-экономические показатели конкретного наименования оборудования существенно влияют на обоснование первой единицы, а на втором этапе ее влияние опосредованно отражается на уровне загрузки и не требует рассмотрения как отдельного фактора [3, 8, 10].

В этой связи в дальнейшем необходимо определить количество единиц оборудования в зависимости от уровня загрузки и их стоимостных показателей. Принимая во внимание

стохастический характер загрузки всего технологического оборудования, правомерно рассматривать функционирование парка технологического оборудования как многоканальных систем массового обслуживания (СМО) [5, 9].

Если при расчете оптимального числа постов зоны текущего ремонта обычно поиск оптимума производился различными авторами [7, 8] путем последовательного увеличения их количества начиная с минимального до достижения оптимальной загрузки, то для оборудования в качестве переменного параметра необходимо использовать уровень загрузки оборудования и интенсивность потока требований.

Иными словами, если в известном выражении из теории массового обслуживания [5, 9]

$$\psi = \frac{\lambda}{\nu \cdot n}, \quad (1)$$

обычно переменным параметром являлось количество единиц n , то при фиксированных значениях n и ν переменной величиной может быть, а следовательно, и уровень загрузки. При $n = 1$ речь идет о нахождении такого, когда суммарные издержки от простоев оборудования и автомобилей будут минимальны.

Для этих целей вначале по известной формуле из работ [5, 9] определим количество единиц одноименного технологического оборудования, необходимого для выполнения годовой производственной программы по данному виду работ по известной формуле из [7, 8]

$$Q_{об} = \frac{T_{об}}{\Phi_{об}}, \quad (2)$$

где

$T_{об}$ – годовая трудоемкость по данному виду работ, чел./ч;

$\Phi_{об}$ – производственный фонд времени единицы оборудования.

Полученное значение $Q_{об}$ с учетом пробной части следует принять равным обобщенному параметру $\alpha = \frac{\lambda}{\nu}$ и подставить в расчетные формулы разомкнутых СМО [5, 9].

Для поиска оптимального коэффициента загрузки оборудования необходимо составить целевую функцию

$$M_A \cdot C_A + M_{об} \cdot C_{об} \rightarrow \min, \quad (3)$$

где

M_A – длина очереди автомобилей, ожидающих начала работ на конкретном оборудовании, ед.;

$M_{об}$ – среднее число свободных единиц оборудования конкретного наименования.

Если обе составляющие этого выражения разделить на величину удельной стоимости оборудования, а соотношение стоимостей принять равным S , то целевая функция примет вид

$$M_A \cdot S + M_{об} \rightarrow \min. \quad (4)$$

Ввиду простоты расчетных формул для $n = 1$ воспользуемся для описания M_A и $M_{об}$ выражениями разомкнутой СМО из [5]:

$$\frac{\psi^2 \cdot S}{1 - \psi} + 1 - \psi \rightarrow \min \quad (5)$$

Проведя расчеты для конкретного значения $S = 2$ при переменном коэффициенте загрузки для этой суммы, зафиксируем Ψ , при котором будет достигнут минимум функции. Это значение будет равным оптимальному уровню загрузки одной единицы конкретного оборудования Ψ_{opt} в пределах от 0,3 до 0,7.

Если повторить эти расчеты при последовательном изменении S , получим плавную кривую, которая характеризует линию оптимальной загрузки одной единицы технологического оборудования в зависимости от соотношения затрат S (рисунок 1, кривая I). Эта закономерность показывает, что для дорогостоящего оборудования ($S < 1$) уровень загрузки достигает 0,8. По мере уменьшения стоимости оборудования ($S > 1$) Ψ_{opt} падает до 0,3, а затем до 0,1. Для малоценного инструмента, приспособлений и т. п. оборудования, которым соответствуют значения S за пределами принятого диапазона величину Ψ_{opt} можно определить для каждого конкретного случая, воспользовавшись расчетной формой функции цели (4).

Ввиду неравномерности загрузки парка оборудования на предприятиях может оказаться, что для конкретного образца уровень загрузки существенно выше оптимального.

При отсутствии вероятностного характера загрузки оборудования его загрузка до максимального значения ($\Psi = 1$) была бы естественной.

В условиях функционирования оборудования ремонтно-обслуживающих предприятий такая ситуация экономически неоправданна из-за больших издержек от простоев автомобилей в очереди. Поэтому вопрос о приобретении второй единицы оборудования может стоять даже при неполной загрузке одной единицы.

Для принятия окончательного решения необходимо составить целевые функции (4) для обоих вариантов и путем сравнения суммарных расходов произвести выбор более экономичного. Однако проведение таких расчетов достаточно трудоемко и целесообразно найти общие критерии и закономерности, руководствуясь которыми можно принимать оптимальные решения при известных стоимостных показателях оборудования. Составим

целевые функции для обоих вариантов при $\frac{C_A}{C_{об}} = 1$ в зависимости от параметра α (при $n = 1$ величина $\alpha = \Psi$).

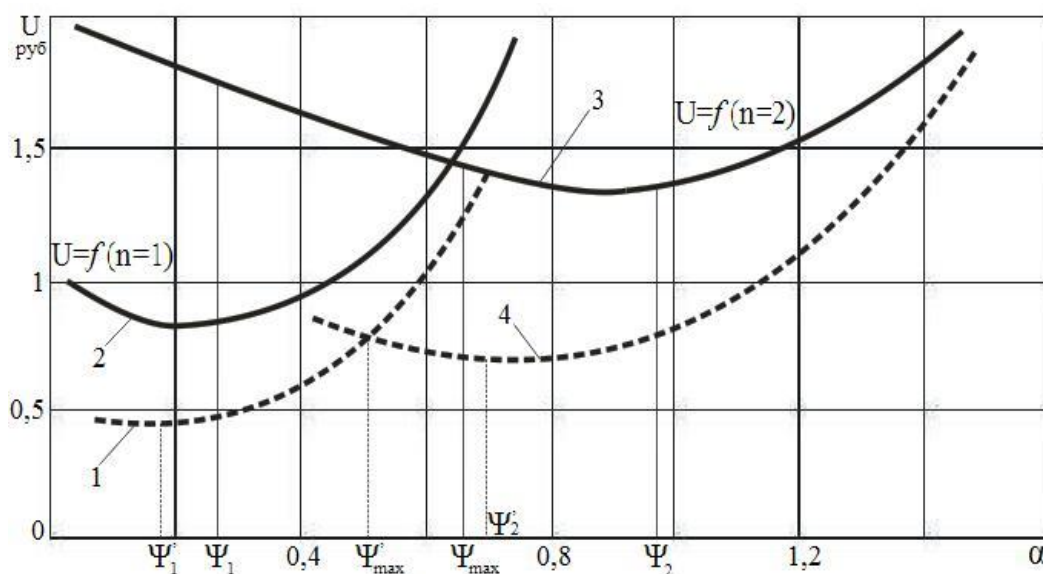
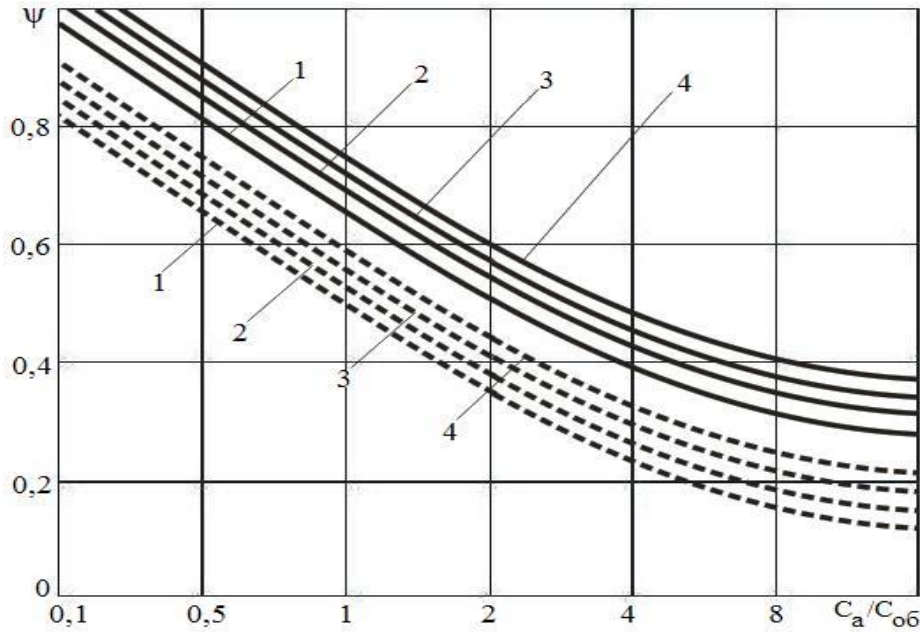


Рисунок 1. Изменение суммарных затрат на содержание одной (кривые 1 и 2) и двух единиц (кривые 3 и 4) для различных образцов оборудования (рисунок авторов)

При $\psi = 0,3$ (рисунок 1, кривая 2) достигается минимум затрат для одной единицы оборудования, а затраты для двух единиц значительно выше (кривая 3). Однако по мере увеличения параметра α издержки при $n = 1$ растут, в то время как для $n = 2$ заметно падают.



1,2,3,4 – соответственно максимальные для 1,2,3,4 единиц Ψ_{\max} -----; тоже оптимальные значения Ψ_{opt} - - - - (рисунок авторов)

Рисунок 2. Изменение уровней загрузки оборудования в зависимости от числа единиц одноименного оборудования

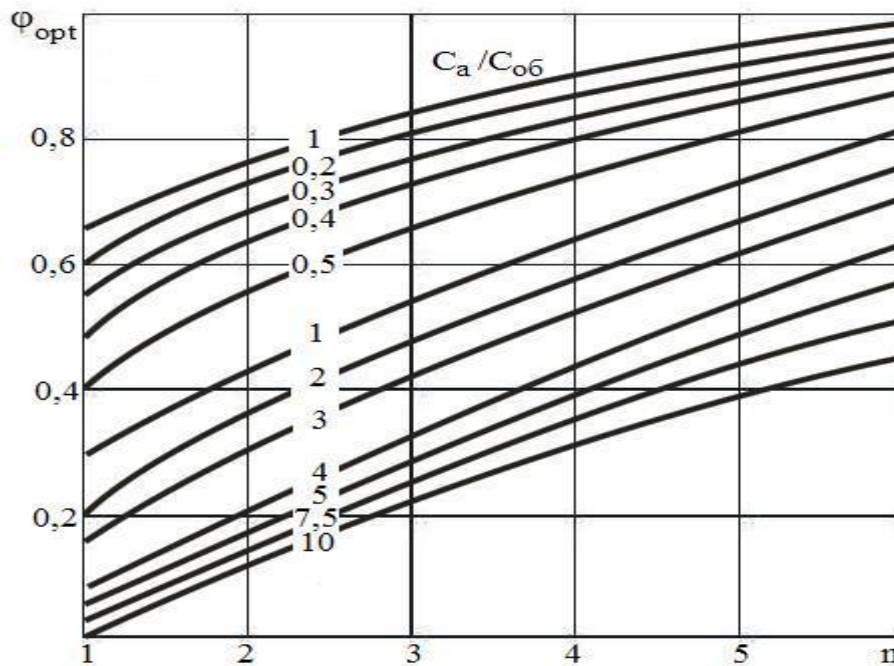


Рисунок 3. Закономерности изменения оптимального уровня загрузки оборудования в зависимости от концентрации производства для различных соотношений стоимостей простоев автомобилей и содержания оборудования (рисунок авторов)

При достижении α значения 0,63 кривые суммарных затрат пересекаются. Это свидетельствует о равенстве суммарных издержек при данном $\psi_{об}$ и одинаковой эффективности оборудования при $n = 1$ и $n = 2$. При дальнейшем увеличении загрузки кривая для $n = 1$ стремительно растет (кривая 2), а для двух единиц оборудования продолжает снижаться, достигая минимума при $\alpha = 1$.

Таким образом, в интервале $\alpha = 0,3 - 0,63$ находится зона целесообразной загрузки одной единицы оборудования (зона I). Граничное значение $\psi_{об}$ назовем уровнем целесообразной (допустимой) загрузки ψ_{max} . Рассмотрение аналогичных зависимостей для соотношения $S = 2$ позволяет установить определенные закономерности. Так, во втором случае суммарные издержки существенно ниже, а точки оптимума и целесообразной загрузки смещены влево. Эти закономерности справедливы и для других соотношений $C_A / C_{об}$.

Очевидно, что большой интерес представляют кривые оптимальной и целесообразной загрузки оборудования для диапазона возможных значений соотношения $S = C_A / C_{об}$. Такие кривые были построены для $n = 1, 2, 3, 4$ (рисунок 2). Анализ их показал, что разность между ψ_{max} и ψ_{opt} для одинакового числа единиц оборудования практически не зависит от соотношения S (рисунок 2). Это позволило получить эмпирическую зависимость:

$$\psi_{max} = \psi_{opt} + 0,05 + 0,25 / n \quad (6)$$

Из выражения (6) видно, что по мере увеличения n разность между ψ_{max} и ψ_{opt} уменьшается существенно и при $n = 4$ теряет практический смысл.

Поэтому в дальнейшем (при $n = 4$) следует пользоваться семейством кривых, построенных для различного числа единиц n в диапазоне возможных значений S (рисунок 3). Семейство этих кривых подтверждает отмеченные ранее тенденции о росте уровня оптимальной загрузки при увеличении числа единиц оборудования, которое характерно для высоких уровней концентрации производства. Вместе с тем большой диапазон значений ψ_{opt} в зависимости от соотношения S стоимости оборудования и простоев автомобилей свидетельствует (рисунок 3) о необходимости дифференцирования его по этому показателю.

Таким образом, полученные выше целевые функции, эмпирическая зависимость (6) и семейство кривых на рисунках (2) и (3) позволяют определить количественный состав парка технологического оборудования по каждому наименованию при наличии информации об уровне загрузки и соотношения стоимостей простоев автомобилей и оборудования для интервала от одной единицы до четырех. Полученные кривые оптимального и максимального уровня загрузки оборудования можно использовать в практических расчетах по определению оптимального количества одноименного оборудования, эксплуатирующегося в автотранспортных предприятиях в рыночной конкурентной среде.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бакаева Н.В., Чикулаева В.В. Технологическое оборудование для технического обслуживания автомобилей: Учебное пособие. – Орёл: Изд. ОрёлГТУ, 2007.
2. Захаров Н.С., Типаж и эксплуатация технологического оборудования: учеб. пособие / Н.С. Захаров, С.В. Елесин, В.В. Попцов. – Тюмень: ТюмГНГУ, 2015. – 134 с.
3. Кузнецов Е.С. Управление технической эксплуатацией автомобилей. – М.: Транспорт, 1982. – 224 с.
4. Першин, В.А. Типаж и техническая эксплуатация оборудования предприятий автосервиса [Текст]: учебное пособие для студентов вузов, обучающихся по специальности «Сервис транспортных и технологических машин и оборудования (Автомобильный транспорт)» направления подготовки «Эксплуатация наземного транспорта и оборудования» / В.А. Першин [и др.]. – Ростов н/Д: Феникс, 2008. – 415 с.: ил. – (Высшее образование). – Библиогр.: 408-410 с.
5. Саати Т.Л. Элементы теории массового обслуживания и ее приложения. – М.: Советское радио, 1971. – 515 с.
6. Тахтамышев Х.М. Основы технологического расчета автотранспортных предприятий. М.: Изд-во "Академия", 2011. – 352 с ил.
7. Тахтамышев Х.М. Расчет количества технологического оборудования в условиях концентрации и специализации АТП // Автомобильный транспорт: Респ. межвед. науч.-техн. сб. – 1986, Вып. 23, – 57-61 с.
8. Техническая эксплуатация автомобилей: Учебник для вузов. 4-е изд. перераб. и дополн. / Под ред. Е.С. Кузнецова. – М.: Наука, 2001; 2004. – 535 с.
9. Хэнсменн Ф. Применение математических методов в управлении производством и запасами. – М.: Прогресс, 1966. – 278 с.
10. 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.
11. Яркин Е.К., Зеленский В.М., Харченко Е.В. Основы проектирования и эксплуатации технологического оборудования автотранспортных предприятий: Учебное пособие. – Новочеркасск: Изд-во ЮРГТУ (НПИ), 2006. – 321 с.

Belov Sergey Alexandrovich

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

Takhtamyshev Khizir Makhmudovich

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

Patterns of optimal parks formation for technological equipment in motor transport enterprises

Abstract. The article proposes mathematical models, optimality criteria and identified formation patterns of the optimal fleet for technological equipment in motor transport enterprises.

The authors indicate that the first stage in the formation of the equipment park is the substantiation of the technological equipment range of motor transport enterprises. At this stage, we are talking about a group of equipment that provides higher performance and maintenance quality as well as repair work.

When forming a fleet of equipment, it is necessary to consider the entire assortment range, including equipment designed to ensure occupational safety and the performance of mandatory complex technological operations. This is due to the need to determine the quantitative composition for each specific item, since the lack of any type of equipment in terms of the probabilistic nature of demand can cause vehicle downtime in anticipation of a free unit. It is precisely the factor of uneven demand for maintenance and repair services, along with cost indicators, that is the decisive factor in justifying the necessary amount of the same-name equipment. In this regard, when solving this problem, one should take into account the load level of a single unit for a specific type of equipment and justify the acquisition of the second and subsequent number of units step by step based on the criterion of the minimum vehicle downtime cost and the unit cost of equipment maintenance, taking into account the cost characteristics.

The authors note that the technical and economic indicators of a particular equipment name significantly influence the rationale of the first unit, and at the second stage its influence indirectly affects the load level and does not require consideration as a separate factor. The article considers the operation of equipment as probabilistic, and to determine the capacity load level of several units of the same equipment item, the mathematical apparatus of mass service theory is used, which allows to establish analytical links between the flow rate of applications for the use of a specific equipment item, the intensity of service using specific equipment and the number of units.

The authors have compiled the objective functions according to the criterion of minimum total costs from idle cars and equipment, which allowed to identify patterns of fleet formation of process equipment in the load level range from zero to one for several units of the same name, which covers possible values in practice. The revealed patterns are illustrated with the help of constructed nomograms.

Keywords: technological equipment; loading; optimal park; probability; queuing theory; nomenclature; assortment range; goal functions; productivity; uneven demand; formation; motor transportation company; patterns