

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

2021, №5, Том 13 / 2021, No 5, Vol 13 <https://esj.today/issue-5-2021.html>

URL статьи: <https://esj.today/PDF/33ECVN521.pdf>

**Ссылка для цитирования этой статьи:**

Суханов, С. А. Методика обоснования комплекта оборудования для диагностики двигателей автомобилей в гаражных автосервисах / С. А. Суханов, Х. М. Тахтамышев, Ю. Х. Гукетлев // Вестник евразийской науки. — 2021. — Т. 13. — № 5. — URL: <https://esj.today/PDF/33ECVN521.pdf>

**For citation:**

Sukhanov S.A., Takhtamyshov Kh.M., Guketlev Yu.Kh. Methodology for justifying a set of equipment for diagnostics of car engines in garage car services. *The Eurasian Scientific Journal*, 13(5): 33ECVN521. Available at: <https://esj.today/PDF/33ECVN521.pdf>. (In Russ., abstract in Eng.).

УДК 334.02

ГРНТИ 73.31

**Суханов Сергей Алексеевич**

ГАОУ ВО «Невинномысский государственный гуманитарно-технический институт», Невинномысск, Россия  
Преподаватель кафедры «Строительства, транспорта и машиностроения»  
E-mail: Passatru1@rambler.ru

**Тахтамышев Хизир Махмудович**

ГАОУ ВО «Невинномысский государственный гуманитарно-технический институт», Невинномысск, Россия  
Профессор кафедры «Строительства, транспорта и машиностроения»  
Доктор технических наук, профессор  
E-mail: hizirt43@mail.ru

**Гукетлев Юсуф Хаджибирамович**

ФГБОУ ВО «Майкопский государственный технологический университет», Майкоп, Россия  
Профессор кафедры «Организации и управления транспортными процессами»  
Доктор экономических наук, профессор  
E-mail: guketlevuh@mail.ru

**Методика обоснования комплекта  
оборудования для диагностики двигателей  
автомобилей в гаражных автосервисах**

**Аннотация.** Из статьи следует, что структура предприятий автосервиса страны в последние годы принимает устойчивую конфигурацию. Структура предприятий автосервиса насчитывает большое число малых предприятий (гаражных автосервисов). Оснащение этих автосервисов современным технологическим оборудованием ставит задачу формирования такого набора, который обеспечивает определение значений диагностических параметров с достаточной достоверностью при рациональных затратах на приобретение всего комплекта оборудования.

Авторы отмечают, что сложность подбора диагностического оборудования состоит в различной универсальности отдельных образцов, а широта охвата определяемых диагностических параметров отражается в их стоимости. В качестве гипотезы выдвигается предположение, что лимитировать целесообразно суммарную стоимость комплекта диагностического оборудования, используемого на посту диагностирования в автосервисах.

Вероятностный характер загрузки диагностического оборудования на постах технического обслуживания и ремонта позволяет рассматривать процесс его

функционирования как систему массового обслуживания, в которой обслуживающими аппаратами являются диагностические стенды и приборы, источниками заявок являются потоки автомобилей, поступающих в гаражные автосервисы. В результате исследования установлено что величина и состав комплекта диагностического оборудования зависит от технико-экономических показателей образцов диагностического оборудования и уровня загрузки поста диагностики.

Приведенная в статье методика обоснования комплекта диагностического оборудования позволяет на стадии формирования комплекта рассчитать целесообразность приобретения каждого образца с учетом прогнозируемого уровня загрузки поста диагностики. При этом отдельные виды приборов являются технологически необходимыми и не требуют экономического обоснования для включения его в рекомендуемый комплект.

**Ключевые слова:** уровень загрузки; автосервисное предприятие; диагностическое оборудование; гаражный автосервис; система массового обслуживания; потоки заявок; комплект; эффективность; система автосервиса

### Введение

Структура предприятий автосервиса страны в последние годы принимает устойчивую конфигурацию, которая соответствует аналогичной картине в развитых странах Запада, масштабная автомобилизация которых проходила на десятилетия раньше [1–3]. Темпы роста парка автомобилей в этих странах носили постепенный характер, и с такой же интенсивностью росла инфраструктура по его обслуживанию. Это благоприятно сказывалось на развитии системы автосервиса, которая развивалась с учетом предсказуемого равномерного роста объема автосервисных услуг.

Сложившаяся в этих условиях структура предприятий отражала потребности парка автомобилей и характеризовалась преобладанием малых специализированных и средних предприятий с более широкой специализацией автосервисов. Доля крупных автоцентров была невелика, однако они обладали наиболее современным технологическим оборудованием и приспособленными помещениями для технического обслуживания, ремонта и диагностики автомобилей. В настоящее время в большинстве своем они являются универсальными, однако большая часть их специализируется по маркам автомобилей мировых автопроизводителей.

Что касается средних и малых предприятий автосервиса, их успешность и стабильность обеспечивается устойчивостью спроса, гибкостью управления мощностью и малыми инфраструктурными издержками. В отличие от стран с высокой степенью автомобилизации Россия в начале девяностых годов прошлого века располагала в основном парком грузовых автомобилей, автобусов и мизерным количеством легковых автомобилей в подавляющем большинстве отечественного производства. Однако, в кратчайшие исторические сроки в стране сложилась такая же структура сети предприятий, которая получила распространение во всем мире.

Вместе с тем скачкообразный рост парка автомобилей страны в последние десятилетия годы за счет крупномасштабного импорта легковых автомобилей зарубежного производства привел к дефициту производственно-технической базы по их техническому обслуживанию и ремонту, о чем свидетельствуют результаты исследований авторов работы [3; 4]. К тому же импорт в большинстве своем приходился на подержанные автомобили, что способствовало непропорциональному увеличению объема работ по их техническому сервису. Более того, имевшееся технологическое оборудование отечественного производства не всегда позволяло выполнять сложные технологические операции диагностики и ремонта зарубежных автомобилей.

Но самой сложной задачей было создание в кратчайшие сроки производственно-технической базы ввиду того, что малый бизнес не располагал достаточными финансовыми средствами для строительства современных зданий и сооружений, соответствовавших предъявляемым требованиям к технологии выполнения сложных трудоемких работ, экологии и технике безопасности. В этих условиях стали лавинообразно возникать малые автосервисные предприятия на производственной базе гаражных кооперативов.

Правовое оформление их деятельности позволило впоследствии создать отрасль так называемых гаражных автосервисов [5], которые располагали 1–3 помещениями в соседних гаражах, что не исключало строительство по аналогичному образцу новых зданий. Оснащение этих автосервисов современным технологическим оборудованием и высококвалифицированным персоналом обеспечило их достаточную конкурентоспособность с крупными и средними предприятиями автосервиса.

Ввиду малой приспособленности помещений по выполнению сложного ремонта, связанного с трудоемкими монтажно-демонтажными операциями, в гаражных автосервисах широкое распространение получила специализация работ по диагностированию агрегатов и систем автомобилей с применением компьютерных технологий, а также использования портативных приборов. Вместе с тем современное диагностическое оборудование в подавляющем большинстве является дорогостоящим, особенно предназначенного для определения технического состояния двигателей и электронных блоков и систем, что при ограниченных финансовых ресурсах владельцев гаражных автосервисов (зачастую самих автомехаников) ставит задачу выбора и обоснования необходимого комплекта из предлагаемого типоразмерного ряда образцов условием успешной деятельности гаражного автосервиса в конкурентной среде. В этой связи становится актуальным тщательный подход к выбору и обоснованию комплекта диагностического оборудования и профиля деятельности на стадии создания предприятия для успешного функционирования гаражных автосервисов в конкурентной среде.

В качестве **цели** исследования выдвигается идея разработки научного подхода к формированию комплекта диагностического оборудования для гаражных автосервисов как серьезной предпосылки для успешного функционирования гаражных автосервисов.

Выбор и обоснование комплекта диагностического оборудования для автосервисов сводится к решению технико-экономической задачи формирования такого перечня приборов и инструментов, который обеспечивает определение значений диагностических параметров с достаточной достоверностью при рациональных затратах на приобретение всего комплекта оборудования.

Сложность подбора диагностического оборудования состоит в различной универсальности отдельных образцов, а широта охвата определяемых диагностических параметров отражается в их стоимости. В этой связи предстоит формировать не только комплект оборудования различного назначения, но и по каждому образцу находить на рынке наиболее предпочтительные с учетом их технико-экономических характеристик [6; 7].

Для достижения поставленной цели необходимо учитывать технико-эксплуатационные характеристики современных средств диагностирования, которые отличаются малыми габаритами и высокой стоимостью [8; 9]. В этой связи при формировании комплекта диагностического оборудования ограничения по общей занимаемой площади не имеют практического смысла, поэтому лимитировать целесообразно суммарную стоимость оборудования, используемого на посту диагностирования в гаражных автосервисах.

### Методы исследования

Формализация поиска оптимального комплекта оборудования сводится к решению многопараметрической задачи, для чего следует использовать один из известных методов ускоренного поиска.

Однако на первом этапе необходимо разработать математические модели, аппроксимирующие состояние системы, пользуясь которыми можно осуществлять поиск оптимальных решений в формировании комплекта диагностического оборудования на постах технического обслуживания и ремонта автомобилей.

Вероятностный характер загрузки диагностического оборудования на постах ТО и ремонта позволяет рассматривать процесс его функционирования как классическую систему массового обслуживания [10].

С точки зрения теории массового обслуживания производственные процессы диагностирования автомобилей в автосервисах относятся к системам массового обслуживания при неограниченном источнике заявок, ограниченном числе обслуживающих аппаратов и ограниченном времени обслуживания [10]. В подобной системе массового обслуживания диагностические стенды и приборы выступают в роли обслуживающих аппаратов, а источниками заявок являются потоки автомобилей, поступающих в гаражные автосервисы на выполнение диагностических работ.

Для предложенной модели системы массового обслуживания параметрами являются следующие характеристики: интенсивность потока заявок  $\lambda$ ; средняя длина очереди автомобилей, ожидающих обслуживания  $M_a$ ; среднее время обслуживания или интенсивность

обслуживания, равная  $\nu = \frac{1}{t}$  и количество постов  $n$  (в данном случае равно единице). Отношение интенсивности потока заявок к интенсивности обслуживания на одном посту для конкретного образца диагностического оборудования, согласно работам [10], равна коэффициенту загрузки мощности поста по выполнению диагностических операций, и при количестве постов  $n = 1$  формула упростится

$$\psi_1 = \frac{\lambda_1}{\nu \cdot n} = \frac{\lambda_1}{\nu} \quad (1)$$

При выборе диагностического оборудования одного наименования необходимо учитывать диапазон диагностических параметров, которые могут быть определены с помощью конкретного диагностического прибора. Вместе с тем вырастет и интенсивность потока заявок обслуживаемая вторым образцом диагностического оборудования, и интенсивность составит

$$\lambda_2 = \lambda_1 \cdot \frac{n}{k} \quad (2)$$

Если вероятность возникновения  $m$  максимально возможного количества неисправностей  $P_m$  принять за единицу, то она будет складываться из вероятностей возникновения  $i$ -тых неисправностей

$$P_m = \sum_{i=1}^m P_i \quad (3)$$

Тогда  $P_i$  — вероятность возникновения отдельной  $i$ -той неисправности определится из выражения

$$P_i = \frac{\lambda_i}{\lambda_m} \quad (4)$$

В свою очередь вероятность возникновения  $k$  неисправностей установится аналогично

$$P_k = \frac{\lambda_k}{\lambda_m} \quad (5)$$

Эта величина представляет собой долю неисправностей, определяемых с помощью конкретного прибора с учетом их вероятности появления.

Доля неисправностей, определяемых с помощью второго прибора определяется по аналогичной формуле

$$P_n = \frac{\lambda_n}{\lambda_m} \quad (6)$$

Чем больше этих  $i$  параметров, тем больше будет уровень загрузки. Следовательно, при одинаковой средней продолжительности выявления значений диагностических параметров уровень загрузки второго прибора будет больше в  $n \cdot P_n / k \cdot P_k$  раз. Если стоимость двух образцов оборудования равна соответственно  $C_k$  и  $C_n$ , то удельная стоимость затрат ресурсов на выполнение одной операции с помощью первого прибора равна  $C_{k,уд} = C_k / k$ , а для второго  $C_{n,уд} = C_n / n$ .

Доход, получаемый от каждого из приборов, ежедневно определяется из выражений соответственно.

Для первого прибора

$$D_k = \lambda_k \cdot D_i \quad (7)$$

для второго прибора (8)

$$D_n = \lambda_n \cdot D_i \quad (8)$$

Однако, преимущество между удельными доходами, полученными за каждую выполненную диагностическую операцию, чаще всего имеет место для меньшего перечня операций. Если выполняется условие

$$\frac{D_k}{D_n} \geq \frac{C_k}{C_n} \quad (9)$$

то значит, что первый прибор экономически более выгоден, так как дает больший удельный доход.

Рассмотренный выше вариант выбора диагностического прибора из двух образцов является частным случаем. На практике чаще стоит задача обоснования полного комплекта диагностического оборудования различного назначения, обеспечивающего с высокой степенью вероятности обнаружение подавляющего числа возможных неисправностей агрегата или системы автомобиля. В этом случае можно предложить следующее решение вопроса, которое состоит в подборе оптимального комплекта оборудования при ограничении общей стоимости комплекта  $C_s$ . Для этого весь перечень оборудования ранжируется по убыванию показателя эффективности до достижения допустимого значения общей стоимости, который принимается в виде

$$\mathcal{E}_j = \frac{D_j}{C_j} \quad (10)$$

Естественно, в конце списка оказываются приборы, определяющие наиболее редко встречающиеся неисправности при собственной достаточно высокой стоимости. На основании изложенного подхода был сформирован комплект диагностического оборудования для определения технического состояния цилиндро-поршневой группы легковых автомобилей отечественного производства, который представлен ниже в таблице.

### Результаты и обсуждение

Как видно из соотношения (9), выбор из двух образцов диагностического оборудования наиболее предпочтительного не представляет большой сложности. Однако, как указывалось выше, на практике зачастую стоит задача формирования оптимального комплекта диагностического оборудования для совокупности диагностических параметров одного агрегата автомобиля или системы. В данном случае на примере двигателя был сформирован комплект для определения технического состояния цилиндро-поршневой группы (табл.).

Таблица

**Ранжирование эффективности использования диагностического оборудования в зависимости от уровня загрузки поста диагностики  $\psi$**

	Наименование диагностического оборудования	Вероятность использования $P_i$ при $\psi = 1$	Эффективность использования $\mathcal{E}_i$ при $\psi$									
			1	0.9	0.8	0.7	0.6	0.5	0.4	0.3	0.2	0.1
1	Компрессометр	0.9	23	21	18	16	14	12	9	7	4,6	2,3
2	Пневмотестер	0.6	12									
3	Эндоскоп с управляемой камерой	0.3	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
4	Анализатор герметичности цилиндров	0.5	3	2,7	2,4	2,1	1,8	1,5	1,2	0,9	0,6	0,3

Этот комплект предполагает полную загрузку поста диагностики, что практически невозможно в условиях вероятностного характера потоков заявок на выполнение диагностических операций. В этой связи необходимо учитывать средний уровень загрузки поста диагностики. Чем ниже этот уровень, тем меньше уровень загрузки каждого прибора из приведенного комплекта, а, следовательно, эффективность его использования, что в конечном итоге приводит к исключению отдельных приборов из общего перечня при эффективности меньше единицы (табл.). Так, при снижении уровня загрузки поста до 0,3 и ниже, становится экономически нецелесообразным приобретение и эксплуатация оборудования по пункту 4 таблицы.

### Выводы

Таким образом, можно сделать вывод о том, что при формировании комплекта диагностического оборудования для поста диагностики на автосервисах следует учитывать средний уровень загрузки поста в течение длительного периода времени, стоимость оборудования, а также вероятность его использования при общем потоке заявок на выполнение диагностических работ.

Приведенная выше методика обоснования комплекта диагностического оборудования позволяет на стадии формирования комплекта рассчитать целесообразность приобретения каждого образца с учетом технологических возможностей приборов и прогнозируемого уровня загрузки поста диагностики. При этом необходимо учитывать, что отдельные виды приборов

являются технологически необходимыми и не требуют экономического обоснования для включения его в рекомендуемый комплект.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Полуэктов, М.В. Система автосервиса России: состояние, проблемы и перспективы / М.В. Полуэктов, В.В. Савельев // Автотранспортное предприятие. — 2015. — № 8. — С. 45–47.
2. Волчков В. Опыт развития производственно-технической базы обслуживания и ремонта автомобилей. // Автомобильный транспорт, 1990, № 2. — С. 23–25.
3. Кузнецов А.С. Малое предприятие автосервиса: Организация, оснащение, эксплуатация / А.С. Кузнецов, Н.В. Белов — М.: Машиностроение, 1995. — 303 с.
4. Хабибуллин Р.Г., Лысанов Д.М. Исследование уровня обеспеченности и развития производственно-технической базы предприятий фирменного сервиса // Труды III международной научно-практической конференции «Автомобиль и техносфера». ICATS '2003. Казань: КГТУ, 2003. — С. 1067–1072.
5. Суханов С.А., Тахтамышев Х.М., Новиков А.Н. Математические модели функционирования гаражных автосервисов в рыночных условиях. // Вестник Евразийской науки, 2020, № 5, Том 12.
6. 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.
7. Айляров С.Д. Методика определения стоимости оборудования (на примере диагностического). Журнал — "Автомобильный транспорт" № 1 2007. — 56–57 с.
8. Хабибуллин Р.Г., Лысанов Д.М. Методы развития и эффективного использования производственных мощностей автосервисных предприятий // Труды межвузовской научно-практической конференции «Вузовская наука — России». Наб. Челны: КамПИ, 2005. — С. 324–329.
9. Шабуров В.Н., Абабкова А.А. Оценка эффективности производственно-технической инфраструктуры автосервисных предприятий. Известия ТулГУ, 2015. Вып 4.
10. Овчаров Л.А. Прикладные задачи теории массового обслуживания. — М.: Машиностроение, 1969 — 323 с.

**Sukhanov Sergey Alekseevich**

Nevinnomyssk State Humanitarian and Technical Institute, Nevinnomyssk, Russia  
E-mail: Passatru1@rambler.ru

**Takhtamyshev Khizir Makhmudovich**

Nevinnomyssk State Humanitarian and Technical Institute, Nevinnomyssk, Russia  
E-mail: hizirt43@mail.ru

**Guketlev Yusuf Khadjibiramovich**

Maykop State Technological University, Maykop, Russia  
E-mail: guketlevuh@mail.ru

## **Methodology for justifying a set of equipment for diagnostics of car engines in garage car services**

**Abstract.** It follows from the article that the structure of car service enterprises in the country in recent years has been taking on a stable configuration. The structure of car service enterprises includes a large number of small enterprises (garage car services). Equipping these car services with modern technological equipment sets the task of forming such a set, which ensures the determination of the values of diagnostic parameters with sufficient reliability at reasonable costs for the purchase of the entire set of equipment.

The authors note that the complexity of the selection of diagnostic equipment lies in the different versatility of individual samples, and the breadth of coverage of the determined diagnostic parameters is reflected in their cost. As a hypothesis, the assumption is put forward that it is advisable to limit the total cost of a set of diagnostic equipment used at the diagnostic post in car services.

The probabilistic nature of the loading of diagnostic equipment at maintenance and repair posts allows us to consider the process of its functioning as a queuing system, in which diagnostic stands and devices are the servicing devices, the sources of requests are the streams of cars entering garage car services. As a result of the study, it was found that the size and composition of the set of diagnostic equipment depends on the technical and economic indicators of the samples of diagnostic equipment and the load level of the diagnostic post.

The method for substantiating a set of diagnostic equipment, presented in the article, allows at the stage of forming a set to calculate the feasibility of acquiring each sample, taking into account the predicted level of loading of the diagnostic post. At the same time, certain types of devices are technologically necessary and do not require an economic feasibility study to include it in the recommended set.

**Keywords:** load level; car service company; diagnostic equipment; garage car service; queuing system; application flows; kit; efficiency; car service system