

Интернет-журнал «Наукоедение» ISSN 2223-5167 <https://naukovedenie.ru/>

Том 9, №6 (2017) <https://naukovedenie.ru/vol9-6.php>

URL статьи: <https://naukovedenie.ru/PDF/03TVN617.pdf>

Статья опубликована 17.11.2017

Ссылка для цитирования этой статьи:

Тахтамышев Х.М., Белов С.А. Оптимизация параметров мощности автосервисных предприятий методом приближенного динамического программирования // Интернет-журнал «НАУКОВЕДЕНИЕ» Том 9, №6 (2017) <https://naukovedenie.ru/PDF/03TVN617.pdf> (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ.

УДК 629.113/.115(075.8)

Тахтамышев Хизир Махмудович

ГАОУ ВО «Невинномысский гуманитарно-технический институт», Россия, Невинномысск¹
Заведующий кафедрой «Эксплуатации автомобильного транспорта»
Доктор технических наук, профессор
E-mail: hizirt43@mail.ru

Белов Сергей Александрович

ГАОУ ВО «Невинномысский гуманитарно-технический институт», Россия, Невинномысск
Доцент кафедры «Эксплуатации автомобильного транспорта»
Кандидат педагогических наук
E-mail: belovmail@yandex.ru

**Оптимизация параметров мощности
автосервисных предприятий методом приближенного
динамического программирования**

Аннотация. Оптимизация мощности предприятий автомобильного транспорта, в первую очередь зон технического обслуживания (ТО) и ремонта предприятий, уделялось традиционно огромное внимание посредством поиска количества постов, тогда как на практике их несколько: квалификация рабочего, технологическое оборудование, продолжительность рабочей смены, количество рабочих на посту и др. Критерием оптимальности принят максимум прибыли.

Наличие нескольких переменных параметров предполагает для определения оптимального сочетания их значений применение специального математического аппарата.

Предлагается обратиться к универсальному и эффективному методу поиска экстремума – методу динамического программирования.

Ввиду громоздкости формул и процедур для упрощения вычислительного процесса предлагается использовать метод приближенного динамического программирования на базе концепции динамического программирования.

Производится выбор максимального значения коэффициента эффективности и рассматривается новое его значение по конкретному виду ресурсов, который вновь участвует в «конкурсе» с остальными видами ресурсов. Если окажется, что увеличение количества этого вида ресурсов вновь дает максимальный эффект, то продолжается добавление измененного

¹ 357108, Невинномысск, Бульвар Мира, 17

ранее вида ресурсов. В противном случае увеличивается тот вид ресурсов, который имел максимальное значение из всего ряда коэффициентов эффективности.

Процедура поиска оптимального вложения ресурсов продолжается до достижения максимума прибыли либо до исчерпания вкладываемых средств при реконструкции или строительстве предприятия автосервиса.

Ключевые слова: оптимизация; массовое обслуживание; посты; уровень загрузки; автосервисные предприятия; очередь; техническое обслуживание; ремонт; автомобили, динамическое программирование

Развитие системы автосервиса в нашей стране прошло несколько этапов.

Первый этап – советский период, когда были созданы крупные станции технического обслуживания автомобилей, обеспечивающие потребности в техническом сервисе небольшого парка автомобилей страны.

В последующем бурный рост парка автомобилей за счет пополнения его иномарками привел к созданию широкой сети автосервиса, которая по структуре представляет собой сочетание небольшого числа крупных автоцентров и преобладающего числа средних и малых (специализированных) станций технического обслуживания. Создание новых автосервисных предприятий происходило стихийно с учетом конъюнктуры растущего рынка автосервисных услуг, что приводило к большим рискам для инвесторов.

Последний период развития автосервиса характеризуется дальнейшим ростом числа мелких специализированных СТО и созданием крупных автодилерских центров в условиях уменьшения спроса на автоуслуги, связанные с застойными явлениями в экономике страны. Отдельные СТО вынуждены менять профиль своей деятельности, ориентируясь на изменение структуры парка автомобилей за счет освоения новых компьютерных технологий ТО, ремонта и диагностики технического состояния автомобилей зарубежного производства. В этих условиях все решения по изменению профиля деятельности, реконструкции и созданию новых автосервисных предприятий связаны с еще более возрастающими рисками.

В этой связи есть необходимость разработки научно-обоснованных методик расчета мощности вновь создаваемых и реконструируемых предприятий, функционирующих в конкурентной среде системы автосервиса городов и населенных пунктов.

Оптимизации мощности предприятий автомобильного транспорта, в первую очередь зон технического обслуживания (ТО) и ремонта автотранспортных предприятий, отечественной наукой уделялось традиционно огромное внимание [8, 9]. Однако, оптимизация сводилась к определению количества постов, т. е. в качестве переменного параметра был принят лишь один, тогда как на практике их несколько. Так, в классическую детерминированную формулу расчета числа постов ТО и ремонта входят:

$T_{см}$ – продолжительность смен; $C_{см}$ – количество смен; P_n – количество рабочих на посту; $T_{тр}$ – суточная трудоёмкость работ, отражающая расчетный уровень механизации работ:

$$n = x = \frac{T_{тр} \cdot \varphi}{T_{см} \cdot C_{см} \cdot P_n \cdot \eta_u}, \quad (1)$$

где: φ – коэффициент резервирования загрузки мощности по нормативам;

η – коэффициент использования рабочего времени постов.

Величина T_{mp} в косвенном виде оценивает влияние производительности технологического оборудования за счёт известного коэффициента корректирования K_5 в зависимости от масштабов производства. Вместе с тем, выражение (1) позволяет определить необходимое число постов при нормированном значении коэффициента загрузки, учитывающего стохастический характер производственных процессов, но не отражающий стоимостные составляющие эффективности производства.

Таким образом, выражение (1) включает в себя основные переменные параметры, но не позволяет перейти к оценке экономической эффективности принятого решения. В работе [8] было доказано, что формула (1) без коэффициента резервирования загрузки φ , который равен обратной величине коэффициента загрузки ψ , представляет собой обобщенный параметр из понятийного аппарата теории массового обслуживания [6, 10]:

$$\alpha = \frac{\lambda}{\nu} = \lambda \cdot t_{cp} \quad (2)$$

Параметр α входит в формулы теории массового обслуживания как один из основных исходных параметров, в связи с чем представилась возможность перехода к оптимизации мощности технической службы автотранспортных предприятий (АТП) на стадии проектирования.

Однако, при проектировании и реконструкции станций технического обслуживания (СТО) значение суточной трудоемкости работ T_{mp} определить значительно сложнее в связи с наличием большого числа предприятий в одной сети автосервиса и случайного характера входящего потока заявок. Доход предприятия автосервиса за сутки зависит от количества обслуживаний $\lambda_{обс}$ и средней стоимости обслуживания одного автомобиля:

$$D = \lambda_{обс} \cdot C_{\delta} = \lambda_{вх} \cdot (1 - P_{отк}) \cdot C_{\delta} \quad (3)$$

Этот доход достигается путём использования трудовых и материальных ресурсов, которые образуют расходную часть:

$$\begin{aligned} P = & T_{см} \cdot \psi \cdot n \cdot P_n \cdot C_{pR} + T_{см} \cdot (1 - \psi) \cdot n \cdot P_n \cdot C_{np} + \\ & + \Delta K_{об} \cdot T_{см} \cdot \psi \cdot n \cdot P_n (C_{pR} + \Delta C_{pR}) + \Delta T_{см} (1 - \psi) P_n \cdot C_{np} + \\ & + \sum_{i=1}^{K_{обс}} K_{обсi} \cdot C_{обсi} [1 + \psi \cdot (T_{см} + \Delta T_{см}) \cdot C_{эл}] + C_{ам} + DH \cdot C_s \end{aligned} \quad (4)$$

где: C_p , ΔC_p – тарифная ставка рабочего R^{so} разряда в основное время и сверхурочное время соответственно, руб./час;

$\Delta T_{см}$ – сверхурочное время работы, час;

C_{np} – часовая оплата простоя рабочего, руб./час;

DH – доля отчислений в виде налогов;

$C_{ам}$ – удельные амортизационные отчисления за основные фонды, руб./день;

C_s – суточная оплата за электроэнергию, тепло и воду;

$C_{эл}$ – оплата за электроэнергию при эксплуатации оборудования;

$C_{обсi}$ – стоимость оборудования, отнесенная к одному дню при нормированном сроке службы, руб./день;

$K_{обсi}$ – количество одноименного оборудования;

$K_{обс}$ – общее количество оборудования.

При этом следует учитывать, что имидж рабочего высокой квалификации способствует приращению потока заявок $\lambda_{обс}$. Такой же эффект имеет и высокотехнологическое оборудование, которое может не всегда увеличивает производительность труда, но повышает престижность и конкурентоспособность предприятия, а, следовательно, увеличивает входящий поток заявок.

В обоих случаях увеличивается средняя длина очереди автомобилей, ожидающих обслуживания, благодаря чему меньшее число автомобилей, из числа поступивших на АСП, переходит к конкурентам. Кроме того, увеличивается поток входящих заявок $\lambda_{вх}$. Для принятия оптимальных решений в обоих случаях необходимо выявить связи между этими параметрами и интенсивностью входящего потока заявок $\lambda_{вх}$. Такая задача может быть решена при проведении эксперимента на действующих предприятиях. Проведение такого эксперимента в реальных условиях эксплуатации не представляется возможным ввиду необходимости изменения параметров на практике, что связано с большими материальными затратами и рисками.

Достижение максимальной прибыли для любого предприятия является главной целью производственной деятельности. В данном случае расчет прибыли можно осуществить путём нахождения разности между двумя известными составляющими из выражения (3) и (4):

$$\Pi = D - P \rightarrow \max \quad (5)$$

и последующим увеличением её до максимального значения.

Очевидно, что достижение максимума прибыли может быть достигнуто, как за счет увеличения дохода, так и уменьшением расходной части. Вместе с тем, может оказаться, что максимальная прибыль Π_{max} будет получена при одновременном увеличении обеих составляющих, но с опережающими темпами для доходной части.

Заметим, что критерий оптимальности – минимум суммарных издержек, правомерный при оптимизации использования мощности АСП [9] в данном случае не даёт нужных результатов ввиду того, что достижение максимума прибыли предполагается не столько за счет организационных мероприятий, сколько оптимального выбора количества тех или иных видов ресурсов. Необходимо также отметить, что при реконструкции предприятия приемы и мероприятия по оптимизации мощности аналогичны таковым при проектировании предприятий. В этом случае действующее предприятие располагает более достоверными и конкретными данными об эффективности тех или иных имеющихся или приобретаемых ресурсах.

Таким образом, при поиске максимума функции (5) в качестве переменных параметров могут выступать следующие величины:

- n – количество постов ремонта одинакового назначения;
- P_{nR} – количество рабочих на одном посту с R -м разрядом;
- R – квалификация рабочих P_{nR} – разряда;
- $N_{обс}$ – количество одноименного оборудования;
- $T_{см} + \Delta T_{см}$ – продолжительность смены, включая работу в сверхурочное время, час.

Естественно, эффект от изменения значений этих параметров существенным образом влияет на предпочтительность того или иного шага. Стоимостная составляющая этих ресурсов включена в функцию цели и может быть установлена путём калькуляции затрат. Значительно

большую сложность представляет определение эффекта от изменения количества и характеристик, указанных выше ресурсов.

Наличие нескольких переменных параметров предполагает для определения оптимального сочетания их значений применение специального математического аппарата, позволяющего решать эту задачу на компьютерах. Возможности современных компьютеров по быстрдействию и объему памяти позволяют проводить вычисления в течении нескольких минут. Вместе с тем, при использовании метода простого перебора процедура определения глобального оптимума громоздка и труднодостижима. В этой связи для решения подобных задач разработано несколько методов ускоренного поиска [1, 2, 3, 5, 6], обладающих определёнными достоинствами.

Для выбора и обоснования одного из них следует провести анализ существующих методов на предмет предпочтительности для решения поставленных задач в настоящей статье.

Согласно теории оптимального управления [1, 2, 3, 4, 10] требуется найти такой алгоритм управления (программа, план действий), который максимизируют (минимизируют) критерий оптимальности.

В зависимости от наличия и вида ограничений, количества этапов в операции поиска и формы модели находят применение те или иные методы математического программирования. Эти методы программирования делятся на две группы: аналитические и численные. К первым относится дифференциальное и вариационное исчисление, принцип максимума Л. С. Понтрягина и методы, основанные на достаточных условиях В. Ф. Кротова. Ко второй группе относятся динамическое, линейное, нелинейное программирование, методы регулярного и случайного поиска [3].

Для использования классических методов (дифференциального и вариационного исчисления) обязательно отсутствие ограничений, а для применения численных методов необходимо знать возможную область изменения управлений. Чем эта область уже (чем больше ограничений), тем эффективнее использование численных методов.

Таким образом, для поиска оптимального состава ресурсов проектируемого или реконструируемого предприятия, имеющего ограничения по стоимости и другим величинам, возможно использование одного из численных методов. В свою очередь эти методы также имеют специфические особенности. Так регулярный метод поиска экстремума [3, 5] предполагает процедуры, связанные с расчетом значений функции цели $U(R)$ в различных точках. При этом используется чаще пассивный поиск, который применим и в тех случаях, когда функция $U(R)$ может иметь несколько значений экстремума. Однако поиск усложняется в тех случаях, когда приходится отыскивать экстремум функции многих переменных. В этих случаях рекомендуется один из нескольких методов ускоренного поиска.

При проектировании и реконструкции предприятий автосервиса в частных случаях эти методы достаточно эффективны. При увеличении числа переменных необходимо поиск производить при одновременном выборе наиболее оптимального каждого следующего шага поиска. Тогда количество шагов существенным образом уменьшается.

Таким образом, все перечисленные методы применимы для решения задач, поставленных по исследованию закономерностей оптимального формирования мощности АСП. При последующей разработке методики расчета оптимальной структуры значений параметров мощности АСП может быть применена широким кругом пользователей (кроме регулярного слепого поиска) на практике.

В этой связи следует обратиться к универсальному и эффективному методу поиска экстремума – методу динамического программирования. Этот метод имеет ряд преимуществ [1, 2, 3, 5], к которым относятся следующие пункты:

1. Оптимизация процессов с ограничениями на переменные состояния только упрощает решение задачи.
2. Может применяться для управления процессами, преобразование которых на каждом шаге не удаётся описать уравнениями.
3. Проводит глобальный поиск независимо от начального состояния системы.

Суть метода динамического программирования, сформированного Беллманом [1] состоит в том, что оптимальное решение обладает тем свойством, что каково бы ни было первоначальное состояние и решение в начальный момент, последующие решения должны составлять оптимальное решение относительно состояния, получающегося в результате первого решения. При этом процесс поиска превращается в многошаговый процесс с последовательным движением к глобальному оптимуму на каждом шаге.

Вместе с тем, математическое описание каждого шага и громоздкость вычислительных процедур усложняет применение динамического программирования в чистом виде [1]. Для упрощения вычислительного процесса без значительной потери точности разработан метод приближенного динамического программирования [7], который предполагает получение начальных значений переменных параметров аналитическим методом.

Дальнейший поиск осуществляется следующим образом.

На первом этапе производится увеличение (уменьшение) числа ресурсов по каждому наименованию и рассчитывается эффект приращения прибыли от каждого шага в данном случае по выражению (5) $\Delta\Pi$.

Затем рассчитывается коэффициент эффективности каждого шага по i -му виду ресурсов: по первому и последующим j -м шагам

$$\begin{aligned}\Delta K_{1,1} &= \frac{C_{R1}}{\Delta\Pi \cdot (n_1 + 1)}; \\ \Delta K_{2,1} &= \frac{C_{R2}}{\Delta\Pi \cdot (n_2 + 1)}; \\ \Delta K_{i,1} &= \frac{C_{Ri}}{\Delta\Pi \cdot (n_i + 1)};\end{aligned}\tag{6}$$

Затем производится выбор максимального значения $\Delta K_{i,1}$ и рассматривается новое значение коэффициента эффективности по i -му виду ресурсов

$$\Delta K_{i,2} = \frac{C_{Ri}}{\Delta\Pi \cdot (n_i + 2)},\tag{7}$$

который вновь участвует в «конкурсе» с остальными видами ресурсов.

Если окажется, что увеличение количества i -го вида ресурсов вновь дает максимальный эффект, т. е. $\Delta K_{i,2} = \max$, то продолжается добавление этого же i -го вида ресурсов. В противном случае увеличивается количество того вида ресурсов, который имел максимальное значение из всего ряда коэффициентов эффективности.

Правомерность такого подхода при поиске экстремума очевидна, так как коэффициент эффективности ΔK_{ij} есть отношение затрат, вкладываемых на приобретение того или иного вида ресурсов, к прибыли, получаемой от его использования.

При расчете составляющих целевой функции (5) необходимо учитывать, что каждый раз меняется величина коэффициента загрузки ψ , связанная с другими параметрами:

$$\psi_0 = \frac{\lambda_{ex} \cdot t_{mp}}{v \cdot n} = \frac{\lambda_{ex} \cdot t_{mp}}{T_{cm} \cdot P_p \cdot \delta_{об} \cdot n} \quad (8)$$

Естественно, при изменении одного из параметров T_{cm} , P_p , $\delta_{об}$, n необходимо рассчитывать новое (прогнозируемое) значение коэффициента загрузки ψ , а затем и вероятность ухода из очереди автомобиля $P_{отк}$ по формулам теории массового обслуживания при соответствующих формах организации труда.

В конечном итоге новые значения ψ и $P_{отк}$ подставляются в функцию цели (5) и определяется новая величина прибыли Π_2 , а приращение прибыли вычисляется как разность:

$$\Delta \Pi = \Pi_1 - \Pi_2 \quad (9)$$

и включается в выражение для расчета текущего значения коэффициента эффективности $\Delta K_{i,2}$ по выражению (7).

Процедура поиска оптимального вложения ресурсов продолжается до достижения максимальной прибыли Π_{max} либо до исчерпания вкладываемых средств Q при реконструкции или строительстве предприятия автосервиса.

Таким образом, при оптимизации мощности АСП по нескольким параметрам на стадии проектирования и реконструкции эффективно использование приближенного метода динамического программирования, благодаря достижению абсолютного оптимума в конце поиска при небольшом количестве последовательных шагов. При этом, алгоритм поиска оптимума достаточно прост и может использоваться для оптимизации мощности предприятий автосервиса на стадиях создания и реконструкции с учетом воздействия внешних факторов конкурентной среды системы автосервиса. Для использования предложенной методики оптимизации параметров мощности автосервисных предприятий необходим сбор исходных данных о потоках заявок в сети автосервиса города по конкретному виду услуг и стоимостных показателях ресурсов в конкретном предприятии. При этом на стадии проектирования следует пользоваться прогнозными данными о конъюнктуре рынка на ближайший период времени.

ЛИТЕРАТУРА

1. Беллман Р., Дрейфус О. Прикладные задачи динамического программирования. Пер. с англ. – М.: Наука, 1965. – 458 с.
2. Бигель Дж. Управление производством. – М.: Мир, 1973. – 301 с.
3. Бусленко Н. П., Математическое моделирование производственных процессов. – М.: Наука. – 1964. – 362 с.
4. Вентцель Е. С. Теория вероятностей. М.: Физматгиз, 1962. – 564 с.
5. Вентцель Е. С. Элементы динамического программирования. – М.: Наука, 1964. – 175 с.
6. Кофман А., Крюон Р. Массовое обслуживание. Теория и приложения. Пер. с франц. – М.: МИР, 1965. – 302 с.
7. Кульбак Л. И. Основы расчета обеспечения электронной аппаратуры запасными элементами. – М.: Советское радио, 1970. – 207 с.
8. Тахтамышев Х. М. Методы оптимального технологического расчета автотранспортных предприятий. – Киев: Вища школа, 1986. – 107 с.
9. Тахтамышев Х. М., Варуха П. В., Добровольский Н. П. Оптимизация мощности автосервисных предприятий: Невинномысск: НГГТИ, 2010. – 138 с.
10. Хэнсменн Ф. Применение математических методов управления производством и запасами / Ф. Хэнсмен. – М.: 1981. – 286 с.

Takhtamyshev Khizir Makhmudovich

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

Belov Sergey Alexandrovich

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

Optimization of power capacities at transport service enterprises utilizing the method of approximated dynamic programming

Abstract. Optimization of transport enterprises capacities, primarily the service zones (SZ) and repair businesses have traditionally paid great attention to by the number of research shifts, whereas the rule of thumb shows there are a few more: qualification of the employee, manufacturing equipment, the duration of the work shift, the number of workers in the shift, etc. The optimal criterion has been set as maximum profit.

The presence of several variables suggests to determine the optimal combination of values by utilizing a specialized mathematical apparatus.

It is proposed to refer to the universal and effective extremum search method – the method of dynamic programming.

Due to cumbersome procedures and formulas to simplify the computational process it is proposed to use a method of approximated dynamic programming based on dynamic programming concept.

The maximum value of the coefficient of efficiency is selected, its new value is for a particular type of resource, which once again is compared with other kinds of resources. If it turns out that the increase in the number of this kind of resources again gives the maximum effect, then it continues to add to the previously modified resource. In opposite case, that kind of resource increases which had the maximum value amongst the total array of efficiency indexes.

The search procedure of optimal resource investment continues until the maximum profit is achieved, or until all funds are invested in the reconstruction and construction of the service station.

Keywords: optimization; mass service; service points and shifts; capacity level; car service enterprise; queue; technical maintenance; repairs; automobiles; dynamic programming