

Повышение эффективности функционирования городского общественного транспорта на основе централизованного управления рассредоточенными производствами



Е. В. Феклин,
канд. экон. наук, доцент
кафедры «Организация
перевозок, безопасность
движения и сервис авто-
мобилей» Института
машиностроения, матери-
аловедения и транспорта
Саратовского государ-
ственного технического
университета имени
Гагарина Ю. А.

Городской пассажирский транспорт общего пользования является ключевой транспортной системой, осуществляющей массовые пассажирские перевозки и обеспечивающей удовлетворение ежедневных транспортных потребностей населения. Наличие развитой и эффективно функционирующей системы городского пассажирского транспорта — одно из необходимых условий динамичного развития городской территории.

Обеспечение исправного состояния подвижного состава, осуществляющего перевозку городского населения, базируется на принципах планово-предупредительной стратегии, определяемой системно в рамках технической эксплуатации автотранспортных средств (АТС). При этом, исходя из высокого уровня эксплуатационных затрат, особую значимость приобретают методы и средства, направленные на повышение эффективности технической эксплуатации подвижного состава. Эффективность обеспечивается реализацией комплекса мероприятий, направленных как на повышение качества работ по техническому обслуживанию и ремонту АТС, так и на снижение удельных затрат на их выполнение.

Качество указанных видов работ определяется укомплектованностью производственно-технической базы производственными помещениями, сооружениями, необходимым оборудованием и квалифицированным персоналом. Эффективность функционирования производственных структур во многом определяется уровнем загрузки производственных мощностей, условиями для эффективного внедрения высокопроизводительного оборудования и передовых методов организации производства, обеспечением

необходимого уровня его специализации и концентрации.

Децентрализация организационных и производственных процессов, произошедшая в рамках городских транспортных систем за последние десятилетия, привела к снижению уровня загруженности производственных мощностей и эффективности их функционирования. Сложилась ситуация, характеризующаяся неполной загруженностью производственно-технической базы крупных комплексных автотранспортных предприятий (АТП) при наличии предприятий средней и малой мощности, не обеспечивающих условия экономической целесообразности содержания собственной производственной базы. Их технологические потребности удовлетворяются сервисными предприятиями в рамках установленных договорных отношений.

Сложившуюся ситуацию можно охарактеризовать как комплексное взаимодействие совокупности рассредоточенных перевозчиков (потребителей услуг сервиса) с совокупностью рассредоточенных производств, функционирующих в рамках производственно-технической базы сервисных предприятий.

В отсутствие централизованного управления указанное взаимодействие, как правило, носит стихийный характер

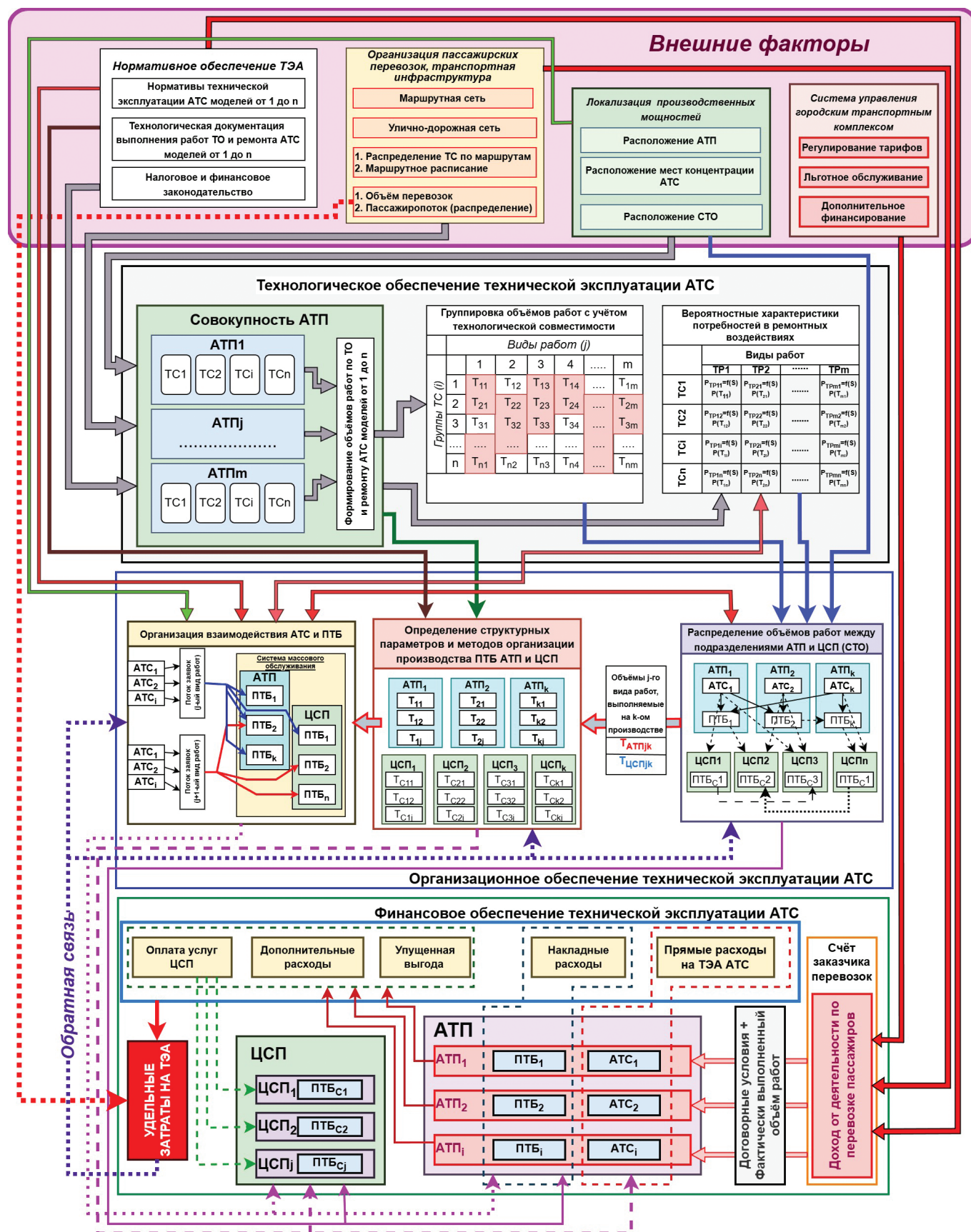


Рис. 1. Схема многоуровневого взаимодействия хозяйствующих субъектов, обеспечивающих техническую эксплуатацию автотранспортных средств

и не обеспечивает полного раскрытия потенциала системы.

Исходя из сложившейся ситуации, определена научная и прикладная задача исследования, предполагающая

формирование на базе разрозненных, рассредоточенных производств централизованной системы, обеспечивающей формирование их обоснованных структурных параметров и организующей их

эффективное взаимодействие как с заказчиком, так и между собой.

Эффективность технической эксплуатации определяется сбалансированностью объемов работ, выполнение

которых необходимо для поддержания АТС в исправном состоянии, и производственных мощностей, их обеспечивающих. При этом под сбалансированностью понимается одновременное выполнение условий минимизации простоев как обслуживаемых АТС, так и производственных мощностей.

Децентрализация сферы эксплуатации пассажирских транспортных средств, произошедшая в период становления рыночной экономики, послужила причиной возникновения ряда фундаментальных проблем. Как уже отмечалось, для сохранившихся до наших дней пассажирских АТП характерен дисбаланс между численностью подвижного состава и потенциальной производительностью производственно-технической базы, загруженной не в полном объеме.

В то же время развитие предпринимательства, как элемента рыночной экономики, привело к формированию мелких транспортных предприятий с неразвитой или отсутствующей производственно-технической базой, к организации автосервисных предприятий различной мощности и специализации, находящихся в состоянии конкуренции и обычно не связанных между собой устойчивыми производственно-технологическими связями.

При этом существующая нормативно-правовая база, определяющая принципы формирования и функционирования городских пассажирских транспортных систем, имеет выраженный централизованный характер построения и управления. В этой связи отсутствие единых технологических подходов, а также организационных и методических основ, обеспечивающих эффективное взаимодействие хозяйствующих субъектов, осуществляющих свою деятельность в рамках городской пассажирской транспортной системы, является одной из ключевых причин недостаточно высокой эффективности технической эксплуатации АТС и, как следствие, транспортной системы в целом.

Исходя из обозначенной проблемы, сформулирована цель проведенного исследования — повышение эффективности технической эксплуатации подвижного состава городского пассажирского транспорта общего пользования (ГПТОП) на основе формирования централизованной системы управления рассредоточенными производствами.

На начальном этапе выполнен обзор литературы в сфере проектирования производственно-технической

базы предприятий автомобильного транспорта в области многофакторной кластеризации и многофакторного анализа, а также литературных источников по практическому применению положений теории массового обслуживания.

Основным нормативным документом, определяющим ключевые методические подходы к решению задачи определения базовых проектных параметров производственно-технической базы автотранспортных предприятий, является ОНТП-01–91 (РД 3107938–0176–91) «Общесоюзные нормы технологического проектирования предприятий автомобильного транспорта». Документ утвержден более 30 лет назад, и некоторые его теоретические положения, расчетные коэффициенты и справочный материал устарели. Данная проблема известна, существует обширный перечень научных работ, направленных на обновление и актуализацию справочного материала и методических подходов в области проектирования производственно-технической базы. К их числу относятся труды В. М. Власова, Д. А. Дрючина, Е. С. Кузнецова, Н. А. Ляпина, Г. М. Напольского, Н. Н. Якунина и др. [1–6].

Влияние масштаба рассматриваемой системы на экономические показатели производства рассмотрено в фундаментальных трудах основоположников классической политической экономии Адама Смита и Дэвида Рикардо, а также в более поздних работах Э. Хекшера и Б. Олина. Среди современных исследователей вопросами кластеризации и масштабирования многоуровневых систем занимались А. Г. Гранберг, О. М. Трофимова, И. Д. Мандель, С. А. Теслова и др. [7–9].

В большинстве научных трудов по данному направлению отмечено, что кластерный анализ производственных мощностей и создание на его основе производственных кластеров является инновационной формой модернизации национальной экономики, повышает уровень взаимодействия, а также сетевые связи между малыми и крупными организациями и предприятиями. Создание кластера производственных мощностей, обеспечивающих выполнение комплекса работ по поддержанию АТС системы ГПТОП в исправном состоянии, является одной из задач, решаемых в процессе проведения данного исследования.

Исходя из характера задач технической эксплуатации АТС, выполняемых в условиях функционирования

рассредоточенной производственно-технической базы, важнейшим фактором выступает взаимодействие подвижного состава с производственными подразделениями, являющееся комбинацией совокупности процессов, ряд из которых носит вероятностный характер. То есть взаимодействие АТС с подразделениями производственно-технической базы можно рассматривать как систему массового обслуживания, что позволяет применить соответствующие методические подходы и теоретические разработки.

Научный базис теории массового обслуживания заложен в трудах его основоположников А. К. Эрланга, А. Я. Хинчина, А. Н. Колмогорова и является основой для современных исследований, результаты которых опубликованы в работах В. Ф. Матвеева, В. Г. Ушакова, С. А. Олейниковой, В. Н. Цыгана, А. Хемди и других авторов [10–12]. Результаты выполненного обзора позволяют заключить, что известные методы оптимизации структурных параметров и организационно-технологических схем функционирования систем массового обслуживания могут быть применены для повышения эффективности технической эксплуатации АТС в рамках системы ГПТОП.

Эффективность технической эксплуатации АТС определяется взаимодействием хозяйствующих субъектов, формируемым на трех взаимосвязанных системных уровнях производственной деятельности: технологическом, организационном и экономическом. В качестве критерия экономической эффективности функционирования ГПТОП целесообразно принять величину средней себестоимости перевозки одного пассажира. Формула для расчета численного значения данного показателя имеет вид:

$$C_{\text{ит}} = \frac{\sum_{i=1}^n (C_{\text{си}} S_i)}{\text{ОП}_z}, \quad (1)$$

где $C_{\text{си}}$ — себестоимость 1 км пробега АТС i -й категории на маршруте, руб./км;

S_i — годовой пробег АТС i -й категории, обслуживающих маршруты городского пассажирского транспорта общего пользования, км;

ОП_z — суммарный годовой объем перевозок, осуществляемый на всей совокупности маршрутов городского пассажирского транспорта общего пользования, пас.

Численное значение данного показателя зависит от совокупных затрат предприятий, обеспечивающих выполнение всей совокупности работ в рамках технической эксплуатации АТС. Анализ

учитываемых затратных статей позволил выявить затраты, непосредственно определяемые технической эксплуатацией транспортных средств. К их числу относятся расходы:

- на оплату труда ремонтных рабочих, выполняющих работы по техобслуживанию (ТО) и ремонту АТС ($З_1$);
- запчастей и материалы ($З_2$);
- приобретение смазочных и прочих эксплуатационных материалов ($З_3$);
- восстановление и замену шин ($З_4$);
- общепроизводственные ($З_5$);
- ремонт и восстановление основных средств основного производства ($З_6$);
- страхование ($З_7$);
- обеспечение нормальных условий труда ($З_8$);
- хранение АТС ($З_9$);
- пробег АТС к местам проведения ТО и ремонта ($З_{10}$);
- недополученные доходы, связанные с простоем АТС в ТО и ремонте ($З_{11}$).

Совокупность обозначенных затратных статей, производимых в рамках системы городского пассажирского транспорта, предлагается объединить под обобщенным термином «Затраты на обеспечение технической эксплуатации автотранспортных (ТЭА) средств» ($З_{\Sigma ТЭА}$). В качестве критерия эффективности технической эксплуатации АТС целесообразно использовать показатель «Средние удельные затраты на техническую эксплуатацию автотранспортных средств, приходящихся на одного пассажира». Обобщенное выражение для расчета данного показателя имеет вид:

$$Z_{\Sigma ТЭА} = \frac{\sum_{i=1}^n Z_{\Sigma ТЭА i}}{OП_{\Sigma}}, \quad (2)$$

где $Z_{\Sigma ТЭА i}$ — суммарные затраты на техническую эксплуатацию АТС ОППТ, производимые i -м хозяйствующим субъектом, руб.;

n — количество хозяйствующих субъектов, обеспечивающих выполнение работ в рамках технической эксплуатации ППТОП.

Ограничением к практической реализации предложенных мероприятий являются условия обеспечения приемлемого срока окупаемости инвестиций, установленного в отношении как системы в целом, так и отдельных инвесторов. Исходя из предложенного критерия эффективности и установленных ограничений, определена целевая функция.

Реализация мероприятий, направленных на повышение эффективности

технической эксплуатации АТС, связана с изменением следующих факторов:

- количества хозяйствующих субъектов, осуществляющих свою деятельность в рамках рассматриваемой системы;
- распределения видов и объемов работ между хозяйствующими субъектами;
- организационно-технологического взаимодействия хозяйствующих субъектов;
- финансового взаимодействия хозяйствующих субъектов.

$$\begin{cases} Z_{\Sigma ТЭА}^{ПОСЛЕ} = \frac{\sum_{i=1}^n Z_{\Sigma ТЭА i}}{OП_{\Sigma}} \rightarrow MIN \\ \Delta Z_{\Sigma ТЭА} = P_{\Sigma ТЭА}^{ПОСЛЕ} - P_{\Sigma ТЭА}^{ДО} > 0, \\ T_{ОК i} = \frac{K_i}{\Delta Z_{\Sigma ТЭА i}} \leq T_{ОК Н} \\ T_{ОК \Sigma} = \frac{K_{\Sigma}}{\Delta Z_{\Sigma ТЭА \Sigma}} \leq T_{ОК Н} \end{cases} \quad (3)$$

где $\Delta Z_{\Sigma ТЭА i}$ — годовой экономический эффект, получаемый i -м хозяйствующим субъектом по результатам реализации предложенных мероприятий, руб.;

$P_{\Sigma ТЭА}^{ДО}$ и $P_{\Sigma ТЭА}^{ПОСЛЕ}$ — годовая прибыль i -го хозяйствующего субъекта до и после реализации мероприятий соответственно, руб.;

$T_{ОК i}$ — срок окупаемости инвестиций, производимых i -ым хозяйствующим субъектом (инвестором), лет;

K_i — объем инвестиций, производимых i -м хозяйствующим субъектом (инвестором), руб.;

$T_{ОК Н}$ — нормативный срок окупаемости инвестиций, лет;

$T_{ОК \Sigma}$ — срок окупаемости суммарных инвестиций, лет;

K_{Σ} — суммарный объем инвестиций, производимых в рамках ППТ, руб.;

$\Delta Z_{\Sigma ТЭА \Sigma}$ — суммарный годовой экономический эффект, получаемый в рамках ППТ, руб.

Исходя из обозначенного подхода, разработана схема многоуровневого взаимодействия хозяйствующих субъектов, обеспечивающих техническую эксплуатацию АТС (рис. 1).

Концепцией исследования предусмотрено определение параметров структурного построения и организационно-технологического взаимодействия подразделений распределенной производственно-технической базы ППТОП, обеспечивающих минимальное значение удельных затрат на ТЭА (отнесенных на одного пассажира) при заданных параметрах внешней среды. Данная концепция реализована на основе комплексной методологии, включающей в себя методические блоки, определяющие оптимальные параметры структурного построения и взаимодействия подразделений распределенной производственно-

технической базы на каждом из рассматриваемых уровней.

На технологическом уровне возможность централизации производств определена на основе оценки их технологической совместимости. Все операции одноименных технологических процессов ТО и ремонта эксплуатируемых моделей АТС разделены на три группы: технологически совместимые; ограниченно технологически совместимые; технологически несовместимые.

Оценка целесообразности совместного обслуживания различных моделей АТС в рамках единого производства проведена на основе сравнения величины общих производственных затрат на выполнение i -го вида работ при совместном обслуживании различных моделей АТС с величиной аналогичных затрат на выполнение того же вида и объема работ при обслуживании рассматриваемых моделей АТС на обособленных производствах.

Формула для расчета общих производственных затрат на выполнение i -го вида работ в отношении всей совокупности АТС имеет вид:

$$Z_{\Sigma \text{спб}} = \sum_{j=1}^m (Z_{s j} + Z_{o j} + Z_{s j}), \quad (4)$$

где m — численность производств, осуществляющих выполнение рассматриваемого (i -го) вида работ в отношении ТС, ед.

При оценке целесообразности совмещения производств выражение (4) принято в качестве критерия оптимизации, минимальное значение которого соответствует оптимальному варианту совмещения:

$$N_{\text{совм}}^{\text{ОПТ}} \cong MIN_i \rightarrow \{Z_{\Sigma \text{спб} j}\}, \quad (5)$$

где $\{Z_{\Sigma \text{спб} j}\}$ — множество значений суммарных затрат на выполнение рассматриваемого вида работ, соответствующих совокупности возможных вариантов совместной организации производств, руб.;

MIN_i — минимальный элемент рассматриваемого множества.

Другим условием эффективного выполнения работ по ТО и ремонту транспортных средств различных моделей является их организационная совместимость. При достоверно прогнозируемых параметрах интенсивности эксплуатации АТС концентрация производства обеспечивает создание условий для эффективного применения поточного метода.

Ключевым параметром такого производства является ритм поточной линии, определяемый как максимальная продолжительность простоя транспортного

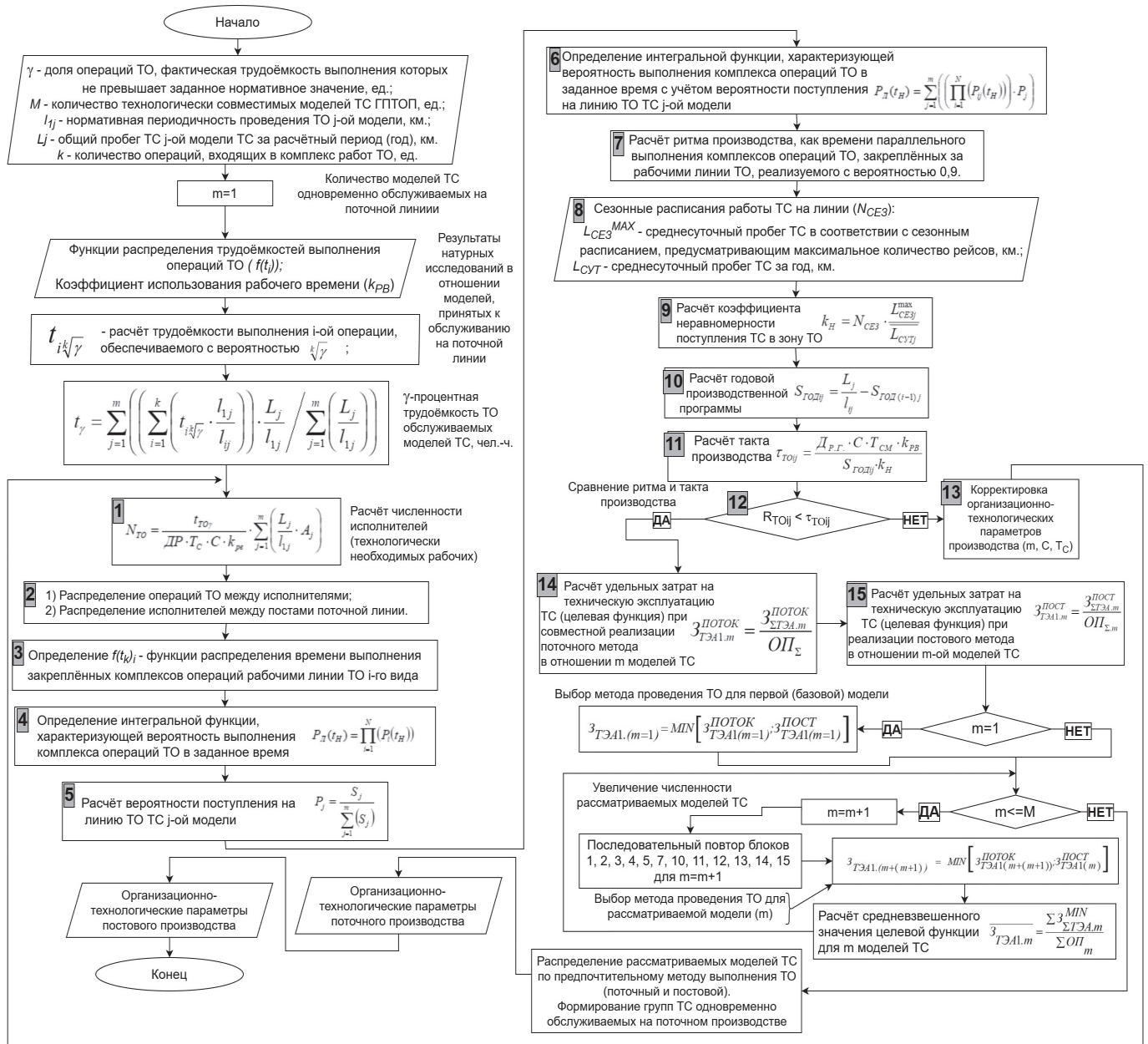


Рис. 2. Схема алгоритма определения организационно-технологических параметров производства по обслуживанию автотранспортных средств

средства на одном из постов, которая является суммарным временем выполнения технологических операций, закрепленных за наиболее загруженным рабочим линии:

$$R_{TOij} = \frac{t_{TOij} \cdot k_{нер}}{N} + t_{п}, \quad (6)$$

где t_{TOij} — общая трудоёмкость i -го вида ТО j -й модели транспортных средств, чел.-ч;

$k_{нер}$ — коэффициент неравномерности распределения работ ТО между рабочими местами поточной линии;

N — общая численность рабочих на постах поточной линии, чел.;

$t_{п}$ — время постановки и снятия ТС с постов поточной линии, ч.

В реальных условиях время выполнения комплекса технологических операций, закрепленных за одним испол-

нителем, является случайной величиной, описываемой определенным законом распределения. Вероятность того, что ритм поточной линии не превысит значение $t_{п}$, определяется выражением

$$P_{л}(t_{п}) = \prod_{i=1}^N (P_i(t_{п})), \quad (7)$$

где $P_i(t_{п})$ — вероятность того, что время выполнения i -м исполнителем закрепленного комплекса операций не превысит значение $t_{п}$, ед.;

N — количество исполнителей, осуществляющих выполнение работ ТО на поточной линии, чел.

С учетом распределения, соответствующего нормальному закону, при обслуживании разномарочного парка формула (7) имеет вид:

$$P_{л}(t_{п}) = \sum_{j=1}^m \left(\prod_{i=1}^N \left(\frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_{ij}} \int_0^{t_{п}-m_{ij}} e^{-\frac{(t-m_{ij})^2}{2\sigma_{ij}^2}} dt \right) \right) \cdot \frac{S_j}{\sum_{j=1}^m (S_j)}, \quad (8)$$

где σ_{ij} — среднеквадратичное отклонение времени выполнения комплекса операций, закрепленных за i -м исполнителем, ч;

m_{ij} — математическое ожидание времени выполнения комплекса операций, закрепленных за i -м исполнителем, ч;

$t_{п}$ — заданное (нормативное) значение ритма производства, ч;

S_j — производственная программа по обслуживанию ТС j -й модели на поточной линии, ед.

Исходя из обозначенного подхода, разработаны выражения для расчета такта производства, количества постов и производственных рабочих. Определены условия оптимальной концентрации мощностей, обеспечивающих эффективность и целесообразность внедрения поточного метода. На основе представленной методики разработан

алгоритм определения организационно-технологических параметров производства по ТО и ремонту АТС ПТОП (рис. 2).

Таким образом, разработан методический инструментарий, позволяющий определить организационно-технологические параметры производства, осуществляющего работы по техническому обслуживанию технологически совместимых АТС ПТОП.

В качестве критерия оптимизации приняты удельные затраты на техническую эксплуатацию автотранспортных средств, приходящиеся на одного перевезенного пассажира.

Литература

1. Власов В. М. Оценка и проектирование организационно-технологического обеспечения производства ТО и ремонта автомобилей: дис. ... д-ра техн. наук. М.: Моск. гос. автомобильно-дорожный ин-т, 1996. 362 с.
2. Дрючин Д. А., Якунин Н. Н., Якунина Н. В. Повышение эффективности

технической эксплуатации автомобилей на основе кооперации автотранспортных и сервисных предприятий // Автомобильная промышленность. 2017. № 12. С. 14–17.

3. Дрючин Д. А. Совершенствование структуры городского пассажирского наземного транспортного комплекса на основе согласованного развития подсистем // Вестник Сибирского государственного автомобильно-дорожного университета. 2024. Т. 21. № 1 (95). С. 74–87.
4. Напольский Г. М. Технологическое проектирование автотранспортных предприятий и станций технического обслуживания: учеб. для вузов. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Транспорт, 1993. 271 с.
5. Ляпин Н. А., Ширяев С. А., Федин А. П., Полуэктов М. В. Современные системы технического обслуживания и ремонта грузовых автомобилей: монография. Волгоград: ВолгГТУ, 2016. 188 с.
6. Техническая эксплуатация автомоби-

лей: учеб. для вузов / под ред. Е. С. Кузнецова. 4-е изд., перераб. и доп. М.: Наука, 2004. 535 с.

7. Гранберг А. Г., Трофимова О. М. К вопросу о формировании инновационных кластеров в региональной экономике // Научный вестник Уральской академии государственной службы. 2010. № 2 (11). С. 54–63.
8. Мандель И. Д. Кластерный анализ. М.: Финансы и статистика, 1988. 176 с.
9. Теслова С. А. Применение кластерного анализа в экономике автотранспортных предприятий // NovalInfo.Ru. 2016. Т. 1. № 52. С. 89–94.
10. Матвеев В. Ф., Ушаков В. Г. Системы массового обслуживания. М.: Изд-во МГУ, 1984. 240 с.
11. Олейникова С. А. Математическое моделирование и системы массового обслуживания. Воронеж: Изд-во ВГТУ, 2021. 90 с.
12. Таха Х. А. Введение в исследование операций. 7-е издание / пер. с англ. М.: ИД «Вильямс», 2007. 912 с.



Общероссийская общественная организация РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ ТРАНСПОРТА

Научно-технологическое сопровождение НП «Эффективная транспортная система»

Научно-технологическое сопровождение проектов в сфере транспорта — это комплекс мероприятий по исследованию, разработке, экспертизе и внедрению инновационных проектных и технологических решений, направленных на создание эффективной, безопасной и устойчивой транспортной системы Российской Федерации.



**Национальный проект
«Эффективная
транспортная
система»**

**Модернизация и оптимизация
транспортных систем**



**Разработка и внедрение
инновационных технологий**



**Повышение безопасности и надежности
транспортной системы**



**Обучение и повышение квалификации
кадров**



www.rosacademtrans.ru

info@rosacademtrans.ru