

Логистическая поддержка эксплуатации сложной и специальной техники

© Д.А. Семушкин

МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, 105005, Россия

Исследованы проблемы организации системы логистической поддержки специальной техники, эксплуатируемой в специфичных природных и климатических условиях севера Российской Федерации. Выделены ключевые факторы, оказывающие влияние на эффективность эксплуатации и технического обслуживания, и характеристики для их анализа. Представлена имитационная модель размещения регионального центра логистической поддержки, увязывающая математическое, информационное и организационное обеспечение процессов восстановления работоспособности техники.

Ключевые слова: логистическая поддержка, эксплуатация, техническое обслуживание, восстановление работоспособности, имитационная модель.

Восстановление работоспособности техники непосредственно зависит от организационно-информационного обеспечения поддержки жизненного цикла изделий на постпроизводственном этапе.

Производственно-логистическая поддержка изделий на этапе эксплуатации представляет собой интеграцию процессов производства технического обслуживания, материально-технического снабжения и логистического обеспечения этих процессов.

Но организация логистических процессов должна соответствовать специфике объекта техники и условиям/режимам эксплуатации, которые непосредственным образом влияют на степень износа и долговечность изделий. Как известно, именно в северных регионах России сконцентрированы крупнейшие бюджетообразующие предприятия угле-, нефте-, газодобычи, рудоносные карьеры и т.д. Специальное транспортно-технологическое оборудование, условия его работы и организации логистической поддержки коренным образом отличаются от логистической поддержки техники общего использования.

Несмотря на повсеместное внедрение информационно-логистических систем в промышленное и обеспечивающее производства, наблюдается явное несоответствие существующих методов организации технического обслуживания и планирования материального снабжения условиям эксплуатации техники на севере России и в Сибири.

При организации логистической поддержки техники в специфических природно-климатических условиях необходимо учитывать следующие ключевые факторы:

- неравномерная интенсивность эксплуатации парка техники, что приводит к большим трудностям при прогнозировании безотказности объектов. Статистические и прогнозные методы должны дополняться фактическими данными о наступлении предотказного состояния, что позволит формировать реальный поток заявок на ремонт или замену изделий;
- анализ режимов и условий эксплуатации не по региону в целом, а по отдельным районам и населенным пунктам эксплуатации, что обусловлено резким изменением климатических условий в рамках одной территории (существуют районы, когда уже в 80—100 км от места эксплуатации наблюдаются другие климатические условия);
- плохая логистическая и транспортная инфраструктура, затрудняющая доставку предметов материально-технического снабжения и увеличивающая транспортные затраты;
- проблема экономической рентабельности создания центров обслуживания в таких природно-климатических условиях, обусловленная большими затратами на создание и хранение запасов ремонтного фонда и содержание инженерно-технического персонала должной квалификации.

Таким образом, основой эффективной логистической поддержки служит эффективное и рациональное информационное, производственное и организационно-логистическое обеспечение процессов эксплуатации техники [1]. Для анализа этих составляющих предлагается использовать следующие характеристики.

Информационная характеристика — это совокупность информации о параметрах логистической сети. Данная характеристика описывает последовательность прохождения сигнала через элементы сети с указанием нормативного времени обработки сигнала $I_{i_0}^j$. Набор элементов логистической сети с указанием нормативного времени прохождения сигнала таков:

$$I_{i_0} = \{I_{i_0}^1, I_{i_0}^2, \dots, I_{i_0}^j, \dots, I_{i_0}^m\},$$

где i — номер объекта техники; t_0 — момент отказа/предотказного состояния; $j = \overline{1, m}$ — номер звена; I_{i_0} — сигнал о предотказном состоянии i -го актива в момент времени t_0 .

Например, формируется следующая информационная характеристика: $I_{i_0} = \{5; 2; 0; 1\}$, координаты которой соответственно расшифровываются так: данный объект находился 5 часов на месте эксплуатации; 2 часа в центре технического обслуживания; «0» означает, что в данной логистической сети нет отдельного элемента материального обеспечения; 1 час заняли производственно-восстановительные и ремонтные работы.

Организационно-логистическая характеристика. Организационная составляющая характеристики — это сочетание и последовательность выполнения производственно-восстановительных процессов. Логистическая составляющая характеристики — это временная нормативная длительность ремонтных и производственно-восстановительных процессов.

Сочетание производственно-восстановительных процессов с указанием времени выполнения выглядит таким образом:

$$L_{i_0} = \{L_{i_0}^1, L_{i_0}^2, \dots, L_{i_0}^k\},$$

где i — номер актива; t_0 — момент поступления заявки; k — номер производственно-восстановительного процесса; $L_{i_0}^k$ — i -й объект техники с момента поступления заявки t_0 проходит через k производственно-восстановительных процессов с указанным нормативным временем выполнения.

Производственная характеристика — совокупность очередностей выполнения отдельных восстановительных работ и технологических процессов с указанием их нормативной трудоемкости:

$$P_{i_0} = \{P_{i_0}^1, P_{i_0}^2, \dots, P_{i_0}^S\}$$

где i — номер актива; t_0 — момент поступления заявки на восстановление; S — показатель трудоемкости.

На рисунке представлен алгоритм формирования характеристик производственно-восстановительных процессов.

Логистическая поддержка жизненного цикла специальной техники заключается в минимизации времени восстановления работоспособности, потому возникает задача создания центрального предприятия поддержки и обеспечения эксплуатации, которое будет ядром системы региональной логистической поддержки. В основе решения этой задачи лежит модель территориального размещения, увязывающая технические и информационные возможности поставщиков материалов, комплектующих и запчастей (МКЗ) с производственными и логистическими возможностями районов эксплуатации.

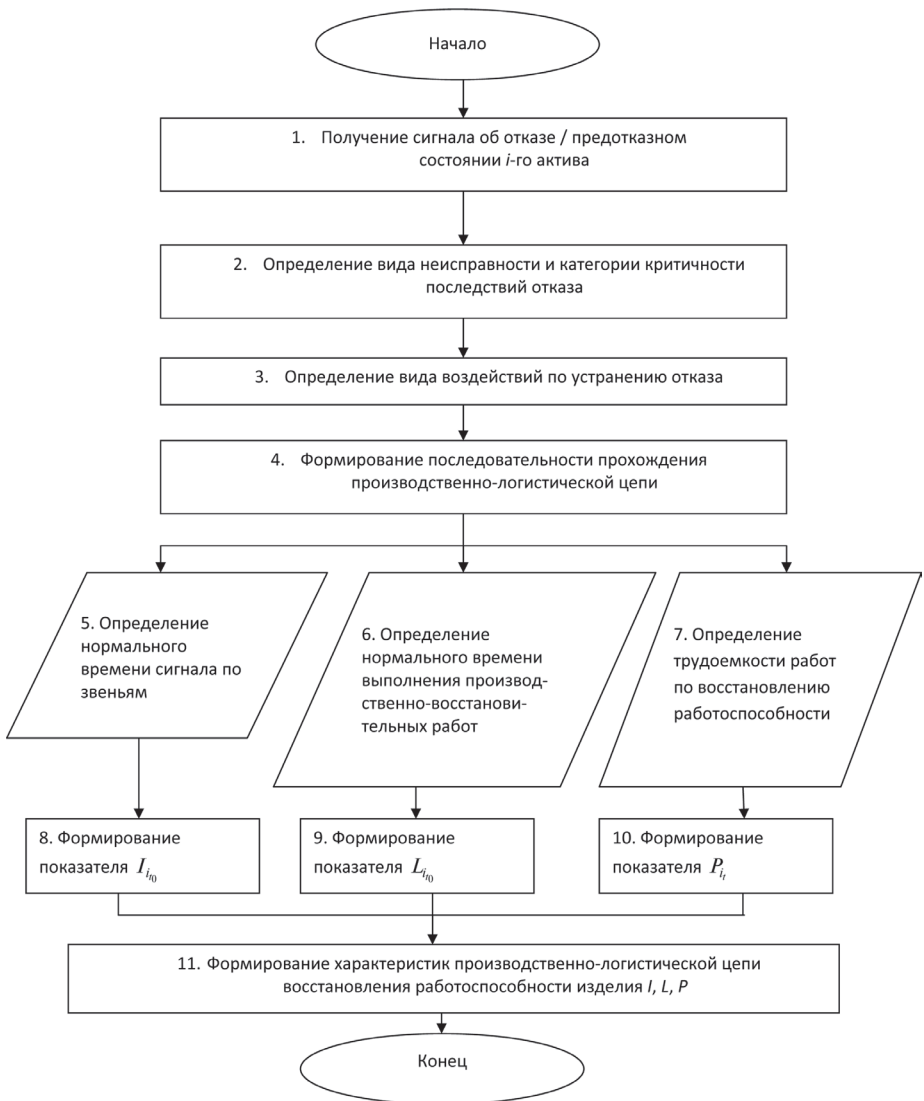
Покажем, как может выглядеть алгоритм имитационной модели, решающей задачу размещения объектов ТО, для которой имеются две взаимовязанные целевые функции [2, 3].

Введем следующие обозначения:

i — номер населенного пункта района эксплуатации, $i = \overline{1, N}$;

k — номер вида техники, $k = \overline{1, K}$;

R_i — район эксплуатации, соответствующий i -му пункту (месторождение, разрез и т.д.);



Алгоритм формирования характеристик производственно-восстановительных процессов

Q_{ik} — наличие (количество) объектов техники k -того вида в районах эксплуатации, $q_{ik} = 1, Q_k$;

F_{ik} — наличие объектов техники k -го вида в i -м пункте, требующих восстановления работоспособности, $F_{ik} \in Q_{ik}$, $f_{ik} = 1, Q_k$;

A_j — точка нахождения центра логистической поддержки, в котором создается ремонтный фонд, аккумулируются запасы и производятся восстановительные работы по техническому обслуживанию (ТО);

j — номер возможной точки стояния центра логистической поддержки, $j = 1, 2, \dots, m$;

s — номер существующих центров логистической поддержки, $s = \overline{1, S}$, где S — фактическое число размещенных в регионе центров;

t_{ij_k} — время восстановления работоспособности k -го вида изделия в центре; это потребное ремонтное время для осуществления процесса ТО в соответствии с технологической картой (каждое изделие должно пройти одинаковые ремонтные процессы: разборку, дефектологию, подбор запчастей и т.д.).

Поскольку каждый пункт i характеризуется количеством изделий определенного k -го вида F_{ik} , в процессе эксплуатации требующих восстановления работоспособности, то можно ввести функцию доступности центра логистической поддержки для i -го пункта — показатель, характеризующий общие затраты ремонтного времени на восстановление работоспособности этих изделий в центре:

$$\varphi_{ij_k} = Q_{ik} t_{ij_k} \beta_i, \quad (1)$$

где β_i — коэффициент, характеризующий состояние логистической и транспортной инфраструктуры района эксплуатации R_i в реальных погодных условиях: есть ли зимник, паром; соответствует ли сезон года для прохода ледокола; наличие спецтранспорта для перевозки изделий; позволяют ли температурные условия обеспечить работу спецтранспорта; другие существенные нюансы.

Коэффициент β_i может представлять собой балльную оценку, с учетом которой будет корректироваться время восстановления работоспособности t_{ij_k} (см. таблицу)

Балльная оценка (пример)	Характеристика состояния логистической инфраструктуры на данный момент времени
1	Погодные и транспортные условия благоприятствуют доставке изделия в центр
3	Необходим спецтранспорт для доставки
5	Необходим спецтранспорт для доставки изделия и в центре постановка в очередь на обслуживание (заявка на восстановительные работы становится в очередь)
10	Доставка в крупные региональные центры и ремонтные заводы

Показатель φ_{ij_k} можно назвать районной функцией доступности центра логистической поддержки для i -го пункта.

Для всех пунктов эксплуатации по региону в целом и некоторой точки стояния центра логистической поддержки A_j можно определить региональную функцию доступности центра, т.е. для всех i -х пунктов в данном регионе:

$$\varphi_j = \sum_{i=1}^N Q_{ik} t_{ij_k} \beta_i \quad (2)$$

Эта функция характеризует общие затраты ремонтного времени на регион эксплуатации (при условии одного контакта с центром).

При рассмотрении m возможных точек стояния возникает m значений функции φ_i .

С точки зрения функции доступности выбор места расположения центра (точки $A_{j'}$) соответствует минимальному значению φ_i , а именно:

$$\varphi_{j'} = \min_{j=j'} \sum_{i=1}^N Q_{ik} t_{ij_k} \beta_i \quad (3)$$

При таком подходе в регионе следует найти точку стояния центра логистической поддержки $A_{j'}$, при которой затраты ремонтного времени региона эксплуатации будут минимальными. Одновременно нужно выполнить соответствие второму критерию — требованию максимальной концентрации производственно-восстановительных работ по техническому обслуживанию (максимизации количества и объема работ по ТО в центре) в случае, если в регионе размещают один центр логистической поддержки.

Мощность центра ТО $\bar{V}_{j'}$ должна соответствовать

$$\bar{V}_{j'} = \rho \sum_{i=1}^N \sum_{k=1}^K Q_{ik} , \quad (4)$$

где ρ — норматив потребления технического обслуживания данного вида (например, ТО-1, ТО-2) на один объект техники k -го вида.

Критерий максимальной концентрации [3] центра логистической поддержки выступает в виде

$$V_{j'} = \max \bigcup_{i=1}^N R_i , \quad (5)$$

Т.е. производственной мощности (оборудования, инструмента, персонала, запасов комплектующих) центра логистической поддержки должно быть достаточно для технического обслуживания всех районов эксплуатации.

Ограничения могут быть оформлены следующим образом:

$$\forall \varphi_{ij} \leq \forall \varphi_i \quad (10)$$

где $\varphi_i = Q_{ik} \bar{t}_{ik}$ — нормативная функция (функция, соответствующая нормативному ремонтному времени). Под нормативным ремонтным временем понимается длительность проведения регламентных работ по техническому обслуживанию, оговоренные

в технической документации (в соответствии с видами, порядком и сроками работ и с учетом нормативной трудоемкости).

В качестве нормативного ремонтного времени $\bar{t}_{ik}$ восстановления работоспособности предлагается рассматривать не только время регламентных работ по техническому обслуживанию, но и полностью производственно-технологического процесса восстановления работоспособности (включая время постановки изделий из i -го пункта эксплуатации в очередь на ремонт в случае возникновения очереди потока заявок).

Теперь величина $\bar{t}_{ik}$ характеризует уровень организации и готовности центра логистической поддержки к исполнению производственно-восстановительных работ.

Далее можно ввести показатель уровня логистизации центра логистической поддержки, характеризующий отношение нормативного времени восстановления работоспособности $\bar{t}_{ik}$, заявленного поставщиком изделия, к фактическому времени, потраченному на восстановление изделия:

$$U_{\text{лог}} = \frac{\bar{t}_{ik}}{t_{ik\text{факт}}},$$

где $\bar{t}_{ik}$ — нормативное время восстановления работоспособности, ч;
 $t_{ik\text{факт}}$ — фактическое время восстановления работоспособности, ч.

Фактическое время восстановления возможно определить через суммирование табельного времени персонала, непосредственно занятого в транспортных, административных и ремонтных работах.

Величину $t_{ik\text{факт}}$ можно минимизировать за счет повышения уровня автоматизации и механизации работ, квалификации персонала и других факторов, позволяющих увеличить интенсивность выполнения работ по восстановлению работоспособности. Но, как показывает практика, именно потери времени, связанные с организационными причинами, а именно организацией информационного и логистического взаимодействия в цепи «эксплуатация — обслуживание — снабжение — поставщики — производитель», приводят к значительному увеличению величины $t_{ik\text{факт}}$, следовательно, к потерям прибыли от эксплуатации техники.

Проблема восстановления работоспособности техники осложняется следующим фактором: на этапе проектирования прогнозу подлежит ресурс генеральной совокупности объектов, а на этапе эксплуатации определение остаточного ресурса должно выполняться индивидуально для конкретного объекта. Поэтому в последние годы качество и надежность эксплуатации определяются не только самим изделием, но также наличием средств непрерыв-

ного мониторинга и диагностики состояния узлов агрегатов и объекта в целом.

Если техническое состояние изделий отслеживается в реальном времени с помощью средств диагностики, то необходимо принимать решение о выводе из эксплуатации и проведении производственно-восстановительных работ в данный момент времени t . Тогда подстановкой в модель вместо величины Q_{ik} величины F_{ik} — количества изделий k -го вида в предотказном состоянии на момент времени t , требующих восстановления работоспособности, — можно упростить вышеизложенный алгоритм и сразу находить центр логистической поддержки, наиболее подходящий по ремонтному времени и соответствующий наилучшей характеристике состояния логистической инфраструктуры на данный момент времени.

Представленная модель, решающая задачу территориального размещения центров логистической поддержки, увязывает математическое, информационное и организационное обеспечение процессов восстановления работоспособности техники в специфических природно-климатических условиях эксплуатации.

Уровень автоматизации и качество организации производственно-восстановительных процессов на этапе эксплуатации объединяются в комплексное понятие логистической поддержки жизненного цикла изделий, которая обеспечивает надежность и работоспособность изделий при оптимальном ресурсном обеспечении.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Бром А.Е. Разработка концептуальных подходов по логистической поддержке жизненного цикла наукоемкой продукции в режиме реального времени. *Методология планирования инновационного развития экономических систем*. А.В. Бабкин, ред. Санкт-Петербург, Изд-во Политехн. ун-та, 2008, с. 372—394.
- [2] Бром А.Е., Семушкин Д.А. Модель создания центра производственно-логистической поддержки для техники, эксплуатируемой в сложных природно-климатических условиях. *Известия вузов. Сер. Машиностроение*, 2012, № 6, с. 66—70.
- [3] Кобелев Н.Б. *Практика применения экономико-математических моделей*. Москва, Финстатинформ, 2000, 246 с.

Статья поступила в редакцию 18.10.2013

Ссылку на эту статью просим оформлять следующим образом:

Семушкин Д.А. Логистическая поддержка эксплуатации сложной и специальной техники. *Гуманитарный вестник*, 2013, вып. 10. URL: <http://hmbul.bmstu.ru/catalog/econom/log/112.html>

Семушкин Дмитрий Анатольевич — аспирант кафедры «Промышленная логистика» МГТУ им. Н.Э. Баумана. e-mail: ibm@ibm.bmstu.ru