

Экономика, организация и менеджмент на предприятии

УДК 658.5



БРОМ
Алла Ефимовна
профессор



СЕМУШКИН
Дмитрий Анатольевич
аспирант
кафедры «Промышленная
логистика»
(МГТУ им. Н.Э. Баумана;
e-mail: abrom@yandex.ru)

Модель создания центра производственно-логистической поддержки для техники, эксплуатируемой в сложных природно-климатических условиях

А.Е. Бром, Д.А. Семушкин

Рассмотрены проблемы организации системы производственно-логистической поддержки эксплуатации специальной техники на Севере России, выделены ключевые факторы, оказывающие влияние на эффективность эксплуатации и технического обслуживания. Представлен подход к построению имитационной модели размещения центра технического обслуживания и ремонта.

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

Model of creation of logistic support center for equipment working under difficult weather and climate conditions

A.E. Brom, D.A. Semushkin

The article considers the problems of creation of the logistic support system for special equipment which works at the North of Russia. The key factors influencing the efficiency of operation and maintenance are described. The approach to create the simulation model of placement of the maintenance and repair center is presented.

Keywords: logistic support, operation, maintenance, restoration, simulation model.

Эффективность эксплуатации техники, которая используется в сложных природно-климатических условиях, не предполагающих наличие ремонтных цехов по месту дислокации объектов, определяется качеством организации производственно-логистической поддержки, обеспечивающей процессы восстановления работоспособности и надежность эксплуатации. Логистическая поддержка в таких условиях представляет собой сложную систему, организующую информационные и материальные потоки с учетом климатических условий, режимов эксплуатации, технологических и кадровых возможностей производства.

Одной из главных проблем при организации системы производственно-логистической поддержки на Севере России является задача территориального размещения предприятий по производству технического обслуживания (ТО) объектов техники.

В общем случае выбор места (точки расположения) центра ТО зависит от ряда факторов:

- конструктивных особенностей объектов техники;
- мобильности объектов техники (часто необходимы дополнительные передвижные средства, когда в принципе исключено передвижение объекта своим ходом);
- удаленности места работы объекта от производственных и населенных пунктов;
- материально-технических условий;
- производственной инфраструктуры — наличие производственно-технологических мощностей, кадрового персонала, площадей, дорог и т. д.

В различных подотраслях машиностроения предельные удаления центров ТО от производственных баз сильно отличаются и существующие логистические методики могут использоваться в ограниченных условиях, предполагающих общность условий эксплуатации и производства.

В большинстве случаев в качестве оптимального критерия для выбора точки расположения центра ТО используется минимум приведенных затрат (транспортных, хранения, производства и т. д.) [1]. Однако создавать систему

логистической поддержки эксплуатации техники, исходя только из этого критерия, не учитывая специфику экономической географии России, неприемлемо. Должны учитываться сложные природно-климатические условия эксплуатации, географическое расположение района, его производственно-технические и кадровые возможности территориальных населенных пунктов. Условия Севера отрицательно влияют на производительность труда при проведении ремонтных работ, очень часто проведение таких работ вообще невозможно без наличия теплых цехов и дополнительного оборудования.

Например, статистика и опыт работы компании «Либхер», крупнейшего мирового производителя специальной подъемной техники, сваебойных и буровых установок, показывает, что, несмотря на заявленную в технической документации приспособленность конструкции и функциональную надежность изделий к низким температурам (до $-45...50\text{ }^{\circ}\text{C}$), при низкой температуре, начиная с $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$, число отказов возрастает в 2—3 раза. Затраты на ремонт специальной техники в таких условиях увеличиваются в 2—4 раза по сравнению с эксплуатацией в обычных климатических условиях.

Помимо перечисленных выше обстоятельств существует еще один немаловажный фактор: различные режимы работы техники, эксплуатируемой в одном районе, прикрепленной к одному территориальному пункту (одни машины работают в 2 смены, другие в 3 смены), следовательно, различная интенсивность эксплуатации и износ, обуславливают нестандартные подходы к организации ее ТО. Поэтому, кроме экономического критерия при организации логистической поддержки объектов техники в условиях Севера России необходимо учитывать:

- 1) различные режимы работы, неравномерную интенсивность эксплуатации, большие колебания расхода технического ресурса вне зависимости от территориального расположения района эксплуатации;
- 2) слабо прогнозируемый износ техники по всему региону эксплуатации — на Севере часто встречаются районы, имеющие другие климатические условия уже в 80...100 км от

места эксплуатации. Также часто встречается ситуация, что в условиях Севера некоторое оборудование работает круглосуточно. Это требует анализа и учета режимов и условий эксплуатации не по региону, а по отдельным районам и населенным пунктам;

3) несмотря на функциональную надежность техники, поставляемой на Север России, проблема внеплановых отказов сохраняется, следовательно, статистические и прогнозные методы должны дополняться фактическими данными, отражающими реальные изменения потока заявок на ТО или замену изделий;

4) плохую логистическую и транспортную инфраструктуру, затрудняющую доставку предметов материально-технического снабжения и увеличивающую затраты на доставку ремонтного фонда;

5) большие затраты на обеспечение приемлемых условий для создания и хранения запасов ремонтного фонда для проведения работ по ТО — возникает принципиальная проблема рентабельности создания центров ТО в таких условиях. Практика показывает, что невыгодно делать теплые склады и боксы в населенных пунктах, за которыми закреплена техника, надо создавать центральное предприятие ТО, которое будет ядром системы региональной логистической поддержки [2];

6) необходимость создания условий для работы ремонтного и инженерно-технического персонала — на месте эксплуатации часто отсутствует персонал должной квалификации, или в принципе невозможно производить работы при таких климатических условиях.

Все эти факторы необходимо учитывать при разработке логистических методов управления материальными и информационными потоками.

Поставщики оборудования в регионы со сложными природно-климатическими условиями эксплуатации ищут различные пути решения этих проблем. Например, разрабатывают и внедряют датчики износа, чтобы наблюдать в реальном времени фактический расход технического ресурса, присылают персонал и предметы ремонтного фонда из крупных региональных центров за свой счет и т. д. Однако решение организационно-экономиче-

ских вопросов по перечисленным выше факторам возможно только на основе разработки механизма производственно-логистической поддержки, обеспечивающей восстановление работоспособности техники в минимально возможные сроки. В его основе должен лежать подход к моделированию местонахождения территориального размещения центрального предприятия ТО, связывающий технические и информационные возможности поставщиков с производственными и логистическими возможностями районов эксплуатации.

В большинстве своем задачи территориального размещения основаны на группе целевых функций, связывающие одновременно решение транспортной задачи по минимизации транспортной работы между размещенными объектами с максимальной доступностью этих объектов до центра тяготения населения, баз снабжения и ремонта, хранилищ нефти, газа, ископаемых ресурсов и т. п.

С одной стороны, стоит задача максимально централизовать, сконцентрировать объекты воедино для лучшей управляемости и снизить транспортные затраты, а с другой стороны, требуется решить прямо противоположную задачу — максимизировать доступность до рынков сбыта или потребления.

Покажем, как может выглядеть алгоритм имитационной модели, решающей задачу размещения объектов ТО, для которой имеется две взаимосвязанные целевые функции.

Введем следующие обозначения: i — номер населенного пункта, узловой точки района эксплуатации, являющейся центром производственно-логистической поддержки (ПЛП), $i = \overline{1, N}$; k — номер вида техники, $k = \overline{1, K}$; R_i — район эксплуатации, соответствующий i -му пункту (месторождение, разрез, т. д.); Q_{ik} — наличие (количество) объектов техники k -го вида в районах эксплуатации, $q_{ik} = \overline{1, Q_k}$; F_{ik} — наличие объектов техники k -го вида в i -м пункте, требующих восстановления работоспособности, $F_{ik} \in Q_{ik}$, $f_{ik} = \overline{1, Q_k}$; A_j — точка нахождения центра ПЛП, в котором создается ремонтный фонд, аккумулируются запасы и производятся работы по ТО; j — номер возможной точки

расположения центра ПЛП, $j = 1, \dots, m$; s — номер размещенного центра ПЛП, $s = 1, \dots, S$ (S — фактическое число размещенных центров ПЛП); t_{ij_k} — время восстановления работоспособности k -го вида изделия в центре ПЛП — потребное ремонтное (не календарное) время для осуществления процесса ТО в соответствии с технологической картой (каждое изделие должно пройти одинаковые ремонтные процессы: разборку, дефектологию, подбор запчастей и т. д.).

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

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

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

Коэффициент β_i может представлять собой балльную оценку, с учетом которой будет корректироваться время восстановления работоспособности t_{ij_k} , например:

Таблица

Балльная оценка	Характеристика состояния логистической инфраструктуры на данный момент времени
1	Погодные и транспортные условия благоприятствуют доставке изделия в центр ПЛП
3	Необходим спецтранспорт для доставки
5	Необходим спецтранспорт для доставки изделия и в центре ПЛП очередь на обслуживание
10	Доставка в крупные региональные центры

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

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

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

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

При рассмотрении m возможных точек стояния существует m значений функции φ_j .

Согласно функции доступности выбор места расположения центра ПЛП (точки A_j) соответствует минимальному значению φ_j :

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

При таком подходе в регионе следует найти точку расположения центра ПЛП $A_{j'}$, 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 ПЛП), в случае, если в регионе размещают один центр ПЛП.

Мощность центра ТО

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

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

Критерий максимальной концентрации центра ПЛП имеет вид

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

т. е. производственной мощности (оборудования, инструмента, персонала, запасов комплектующих) центра ПЛП должно хватать для

технического обслуживания всех районов эксплуатации.

При этом существуют ограничения:

$$\Leftrightarrow \varphi_{ij} \leq \Leftrightarrow \varphi_i, \quad (6)$$

где $\varphi_i = Q_{ik} \bar{t}_{ik}$ — нормативная функция (функция, соответствующая нормативному ремонтному времени). В качестве нормативного ремонтного времени \bar{t}_{ik} рассматривается время производственно-технологического процесса восстановления работоспособности (включая время постановки изделий на ТО из i -го пункта в случае возникновения очереди потока заявок). Величина \bar{t}_{ik} характеризует уровень организации и готовности центра ПЛП к исполнению производственно-восстановительных работ.

Функционирование центра ПЛП должно быть рентабельным, что является необходимым условием. Однако уровень рентабельности следует задавать с учетом местных условий (социальных, экономических, кадровых), поэтому целевую функцию рентабельности центра ПЛП можно представить следующим образом:

$$H = \max \{ H_h \},$$

где H_h — возможные значения рентабельности.

Представленная модель позволяет формировать планы размещения центров ПЛП, что является одной из главных задач при проектировании систем логистической поддержки техники.

Если техническое состояние изделий подвергается мониторингу в реальном време-

ни 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 изложенный выше алгоритм и сразу находить центр ПЛП, наиболее подходящий по ремонтному времени и соответствующий наилучшей характеристике состояния логистической инфраструктуры на данный момент времени.

Представленная модель территориального размещения центров ПЛП увязывает математическое, информационное и организационное обеспечение процессов восстановления работоспособности техники в специфических условиях Севера России.

Литература

1. *Кобелев Н.Б.* Практика применения экономико-математических моделей. М.: Финстатинформ, 2000. 246 с.
2. *Яговкин А.И., Клейнер Б.С., Новоселов В.А.* Организация и управление производством технического обслуживания и ремонта автотранспортных средств. Красноярск: Изд-во Красноярского университета, 1989. 288 с.

Статья поступила в редакцию 17.04.2012