

**Миклуш В.П.,**

УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»,  
г. Минск, Республика Беларусь,  
**E-mail:** miklush@tut.by

**Барташевич Л.В.,**

ОАО «МТЗ» г. Минск, Республика Беларусь,  
**E-mail:** osite@tut.by

**Сайганов А.С.,**

РНУ «Институт системных исследований в АПК НАН Беларуси»,  
г. Минск, Республика Беларусь,  
**E-mail:** saihanauas@tut.by

**ОБЕСПЕЧЕНИЕ СИСТЕМЫ  
ТЕХНИЧЕСКОГО СЕРВИСА ТРАКТОРОВ  
«БЕЛАРУС» ЗАПАСНЫМИ ЧАСТЯМИ**

УДК 631.3.:005.934.4

В статье рассматривается система обеспечения дилерских технических центров тракторов «Беларус» запасными частями, предусматривающая функционирование трех типов складов: склад для гарантийных тракторов мощностью до 200 л.с.; склад для гарантийных тракторов мощностью 300–350 л.с.; склад коммерческих запасных частей. Изложены методы расчета потребности в запасных частях и их оптимального распределение по уровням системы резервирования.

**Ключевые слова:** тракторы «Беларус», дилерские технические центры, запасные части, система резервирования, оптимальное распределение.

**Введение.** Для эффективного технического сервиса своей продукции и максимального удовлетворения запросов потребителей ОАО «Минский тракторный завод» создало в Республике Беларусь разветвленную дилерскую сеть. В настоящее время она включает 27 дилерских технических центров (ТЦ), обслуживающих всю гамму выпускаемой ОАО «МТЗ» техники. Зона обслуживания ТЦ включает от 1 до 11 районов.

Учитывая жесткие сроки восстановления тракторной техники, особенно в напряженные периоды посевных и уборочных работ, решающее значение имеет оперативность и качество выполнения услуг и работ, связанных с обеспечением их работоспособности. При этом одним из наиболее важных факторов является обеспеченность технических центров запасными частями, как отечественного, так и импортного производства.

ОАО «МТЗ» оказывает техническим центрам оперативную помощь в обеспечении запасными частями, используя разные формы и методы их поставки. Разработана единая для всех ТЦ система приобретения, хранения и расхода запасных частей, которая является дифференцированной, учитывающей наличие гарантии на эксплуатируемую технику, ее мощность и др.

**Основная часть.** Обеспечение запасными частями к тракторам «Беларус» осуществляется по схеме, при которой технические центры имеют три типа складов (рис. 1).

1. Склад запасных частей для гарантийных тракторов мощностью до 200 л.с. Запасные части из этого склада ТЦ закупает на собственные средства, в том числе и за счет средств, полученных согласно договору на предпродажную подготовку и техническое обслуживание тракторов «Беларус», заключаемому ежегодно с заводом-изготовителем. Согласно этому договору завод-изготовитель (ОАО «МТЗ») выплачивает техническому центру 5,2% от стоимости каждого трактора, принятого на гарантийное

## Технічний сервіс агропромислового, лісового та транспортного комплексів Technical service of agriculture, forestry and transport systems

обслуживание. Расходование запчастей с этого склада разрешается только для восстановления гарантийных тракторов. В случае отсутствия на складе требуемой запчасти, ТЦ обязан немедленно направить заявку на завод-изготовитель на приобретение этой запчасти и обеспечить ее оперативное получение. По требованию завода-изготовителя, ТЦ обязан направить ему дефектные узлы и детали, снятые с гарантийных тракторов, для проведения технической экспертизы, определения причин отказа и выявления виновной стороны.

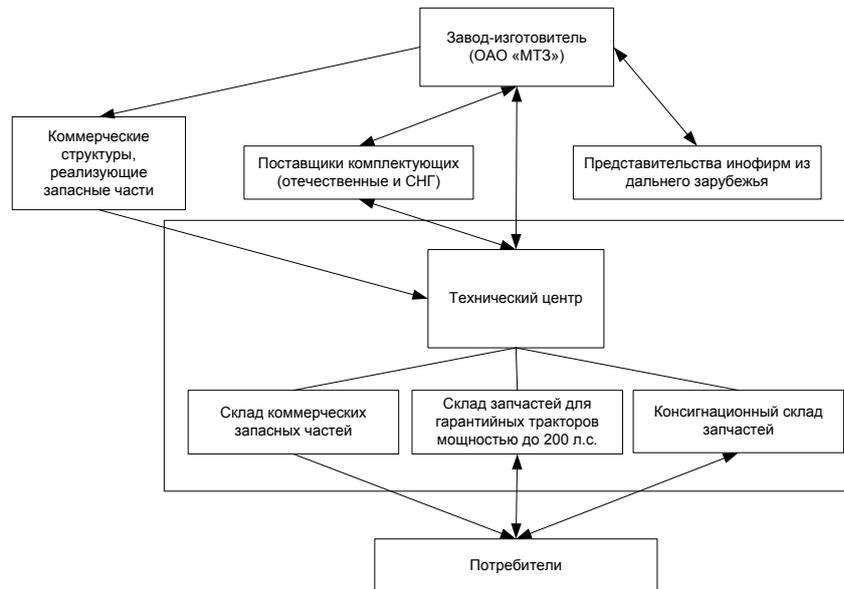


Рис.1. Схема обеспечения запасными частями дилерских технических центров тракторов «Беларус»

Для пополнения склада ТЦ закупает запасные части как у завода-изготовителя, так и непосредственно у заводов-поставщиков комплектующих узлов и деталей. При этом запрещается использовать запасные части, приобретенные у третьих лиц, при отсутствии на них соответствующих сертификатов качества или происхождения.

2. Склад запасных частей для гарантийных тракторов мощностью 300-350 л.с. (консигнационный склад). Этот склад организован на ТЦ заводом-изготовителем с целью оказания ему помощи в оперативном обеспечении запчастями мощных (энергонасыщенных) тракторов. ОАО «МТЗ» по отдельному договору передает ТЦ комплект запчастей на ответственное хранение (консигнацию). На каждую израсходованную для восстановления мощных тракторов запасную часть составляется рекламационный акт, который вместе с дефектной деталью (узлом) направляется на завод-изготовитель. В случае признания вины завода-изготовителя, дефектная деталь (узел) заменяется на годную и передается на консигнационный склад ТЦ.

Технический центр пополняет свой консигнационный склад только через завод-изготовитель, для чего последний имеет отдельный склад гарантийных запасных частей для мощных тракторов.

3. Склад коммерческих запасных частей. Запасные части для этого склада ТЦ приобретает за собственный счет и использует для ремонта негарантийной, а в случае необходимости и гарантийной техники. Кроме того, ТЦ реализует запасные части с этого склада потребителям за наличный и безналичный расчет. Пополнение этого склада ТЦ может производить закупкой запчастей у завода-изготовителя, его поставщиков (в том числе и зарубежных), а также у коммерческих организаций, реализующих запасные части. Всю полноту ответственности за работоспособное состояние техники

## Технічний сервіс агропромислового, лісового та транспортного комплексів Technical service of agriculture, forestry and transport systems

восстановленной с помощью несертифицированных запасных частей несет технический центр.

Оптимальное количество запасных частей на ТЦ рассчитывается с учетом следующих факторов:

- обслуживаемого парка тракторной техники и его остаточного ресурса;
- технически обоснованных норм расхода запасных частей в течение года на одну единицу тракторной техники;
- частоты завоза запасных частей;
- платежеспособности потребителей.

Существует многоуровневая схема поставки запасных частей, предназначенных для хранения:

- у потребителей;
- на районном (межрайонном) уровне;
- областном (зональном) уровне;
- региональном (республиканском) уровне.

Технические центры, обслуживающие тракторы «Беларус» работают на межрайонном уровне, имея в зоне обслуживания от 40 до 300 единиц гарантийных тракторов или до 640 единиц общего парка на один район.

Расчет норм расхода запасных частей для тракторной техники направлен на предотвращение издержек, связанных с простоями из-за несвоевременного приобретения запчастей, а также с приобретением и хранением излишнего резерва запчастей.

Нормативный запас рассчитывается по отдельным группам запасных частей, которые могут применяться на ряде марок (моделей) тракторов либо только на одной модели [1].

Нормы расхода запасных частей могут определяться также расчетным и опытно-экспериментальными методами [2]. При этом расчетный метод используется в том случае, когда имеется достаточно объективная и достоверная информация о среднем ресурсе до замены деталей, сборочных единиц. В случае отсутствия информации о среднем ресурсе деталей до замены, норма расхода запчастей определяется опытно-экспериментальным методом.

При обслуживании большого парка тракторной техники, расчет потребности в запасных частях на планируемый период можно осуществлять относительно фактически израсходованных запасных частей за аналогичный период предшествующего года [1].

Сбор информации о потребности в запасных частях осуществляется на этапе эксплуатации в рамках системы сбора информации о качестве и надежности тракторной техники. Учету и сбору подлежат данные о всех использованных запчастях при предпродажной подготовке, техническом обслуживании, плановом освидетельствовании и ремонте, внеплановом ремонте в эксплуатирующих и ремонтных организациях, определении достаточности комплектов ЗИП.

Анализ существующих методик прогнозирования потребности в запасных частях и их оптимального распределения по уровням системы резервирования показывает, что в условиях рыночной экономики требуется разработка новых методических принципов прогнозирования потребности дилерских технических центров в запасных частях не только в соответствии с техническими факторами, но также с учетом рыночного спроса. Для этого необходима согласованность действий как дилеров, оперативно отслеживающих изменение спроса на рынке, так и завода-изготовителя, учитывающего полученные данные для определения производственной программы по выпуску запасных частей.

При решении задачи оптимального комплектования многоуровневой системы обеспечения запасными частями может быть использована разработанная нами

## Технічний сервіс агропромислового, лісового та транспортного комплексів Technical service of agriculture, forestry and transport systems

методика, основанная на инженерной теории замкнутых систем массового обслуживания и теории управления запасами [3].

В предлагаемой методике рассматривается система обеспечения хозяйств запасными частями (сборочными единицами) структуру связей которой можно представить следующим образом. Имеется парк из  $N$  машин, которые при их использовании отказывают, создавая тем самым поток заявок на замену элементов (деталей, сборочных единиц), распределенных между  $k$  уровнями системы резервирования. Располагая запасом элементов на всех уровнях резервирования, получим многоканальную систему массового обслуживания замкнутого типа с допустимым временем ожидания выполнения заявок на обмен отказавших элементов и пуассоновским входящим потоком. При этом время обслуживания на всех уровнях резервирования подчинено экспоненциальному закону.

Если машина находится в неработоспособном состоянии, требуется выполнить определенный объем работ, связанных с затратами времени на выяснение причин отказа, демонтаж отказавшего элемента, доставку его на уровень, где имеется работоспособный элемент, оформление документов, регулировку и подготовку элемента к работе и монтаж на машину. Чтобы обеспечить минимум затрат на работу системы, необходимо на каждом уровне иметь какое-то оптимальное количество элементов замены.

Работу системы характеризуют следующие параметры:

- вероятность обращения к  $i$ -ому уровню резервирования;
- вероятность немедленного удовлетворения заявки ( $P_i$ ), что произойдет при нулевой длине  $i$ -ой очереди на обслуживание при условии, что обращение к данному уровню произошло;
- число пунктов резервирования на  $i$ -ом уровне ( $m_i$ );
- среднее время обслуживания на  $i$ -ом уровне ( $T_{об_i}$ ), ч;
- среднее время ожидания в очереди на обслуживание, ( $T_{ож_i}$ ), ч;
- среднее время транспортирования элемента на  $i$ -ый уровень и обратно, ( $T_{мп_i}$ ), ч.
- средняя наработка элемента на отказ ( $U$ ), ч.

Общий функционал издержек ( $\Phi$ ) на создание и содержание обменного фонда элементов машин имеет вид

$$\Phi = \Phi_{пр} + \Phi_{тр} + \Phi_{хр.а} \Rightarrow \min, \quad (1)$$

где  $\Phi_{пр}, \Phi_{тр}, \Phi_{хр.а}$  – затраты, связанные соответственно с простоями машин, их транспортировкой, а также приобретением, хранением и амортизацией резервных элементов, руб.

Общий функционал издержек с учетом входящих в него составляющих может быть представлен в виде

$$\Phi = \sum_{i=1}^k (T_{мп_i} + \tau_i \alpha_i U) \tilde{P}_i + A_1 \frac{U}{N} \sum_{i=1}^k M_i \Rightarrow \min, \quad (2)$$

где  $T_{мп_i}$  – время транспортировки на  $i$ -й уровень и обратно, ч;

$\tau_i$  – относительное среднее время ожидания заявки в очереди, равное отношению времени ожидания в очереди на обслуживание ( $T_{ож_i}$ ) к времени обслуживания ( $T_{об_i}$ );

$\alpha_i$  – приведенная интенсивность потока заявок, равная отношению времени обслуживания ( $T_{об_i}$ ) к наработке элемента на отказ ( $U$ );

$$\alpha_i = T_{об_i} / U$$

**Технічний сервіс агропромислового, лісового та транспортного комплексів**  
 Technical service of agriculture, forestry and transport systems

- $N$  – число машин в зоне обслуживания;  
 $M_i$  – количество элементов на  $i$ -ом уровне резервирования;  
 $k_i$  – количество уровней резервирования;  
 $A_1$  – безразмерный параметр, определяемый по формуле

$$A_1 = \frac{E_{\Gamma} C_{эл}}{W_{\Gamma} C_{пр}}, \quad (4)$$

- где  $E_{\Gamma}$  – коэффициент эффективности капитальных вложений;  
 $W_{\Gamma}$  – среднегодовая наработка машины, ч;  
 $C_{эл}$  – стоимость резервного элемента, руб.;  
 $C_{пр}$  – потери за час простоя машины, руб.

Анализ общего функционала издержек на создание и содержание резервного фонда составных частей машин в многоуровневой системе резервирования и проведенные на расчеты позволили сделать вывод о том, что оптимальное распределение может быть получено, если решать задачу по каждому уровню отдельно. Решение основано на предположении, что резервный элемент сосредотачивается на одном из уровней и является функцией переменных  $A_1$ ,  $U$ ,  $N$ . Это позволяет существенно упростить методику расчетов и представить функционал (2) в следующем виде:

$$\Phi_{x.o} = \min \left( (T_{мп_i} + \tau_i \alpha_i U) + A_1 \frac{U}{N} M_i \right). \quad (5)$$

Количество резервных элементов  $M_i$  находят из системы уравнений [3]:

$$\begin{cases} M_i = \frac{\alpha_i N}{1 + \alpha_i} + U P_i \sqrt{\frac{\alpha_i N m_i}{1 + \alpha_i}} \\ \frac{1 - U P_i}{U P_i} = \Psi(P_i) = \tau_i \sqrt{\frac{\alpha_i N}{m_i (1 + \alpha_i)}} \end{cases}, \quad (6)$$

где  $U P_i$  – квантиль нормированного нормального распределения при доверительной вероятности  $P$ ;

$\Psi(P_i)$  – функция, значения которой при заданных квантилях нормального  $U P_i$  распределения и вероятности  $P$  табулированы [3].

Расчет системы резервирования по приведенной методике производят по схеме

$$T_{ож_i} \Rightarrow \tau_i = \frac{T_{ож_i}}{T_{об_i}} \Rightarrow \Psi(P_i) = U(P_i) \Rightarrow M_i \Rightarrow \Phi_{x.o} \Rightarrow M_{н_i}, \quad (7)$$

Здесь  $M_{н_i}$  – норматив потребности в резервных элементах на  $i$ -ом уровне.

Для обоснования номенклатуры резервных элементов и ее распределения по уровням системы резервирования производят деление составных частей машин фонда на классы применительно к широко используемой в практике управления запасами системе *ABC*.

В соответствии с данной системой, резервные элементы делятся на три класса – *A*, *B*, и *C*. К классу *A* относятся наиболее дорогие и массивные элементы, составляющие по номенклатуре незначительное количество (10-15%), а по затратам средств на создание и содержание – 60-70% суммарных затрат. Класс *C* составляет наиболее многочисленную по количеству номенклатуру элементов (55-70%), требующих незначительных затрат средств на содержание (3-10%). Номенклатура сменных элементов, не вошедших в

**Технічний сервіс агропромислового, лісового та транспортного комплексів**  
Technical service of agriculture, forestry and transport systems

классы А и С, составляет класс В. В пределах каждого класса выбирают оптимальную стратегию управления запасами в системе резервирования.

Применение данной методики позволяет осуществлять оптимальное распределение составных частей маши по уровням системы резервирования и выбрать наиболее рациональную стратегию управления запасами.

### **Литература**

1. Технический сервис сельскохозяйственных машин и оборудования. Порядок определения норм расхода и резерва запасных частей. Руководящий документ РД 02260.03.28-2005.

2. Методика нормирования расхода запасных частей к тракторам и сельскохозяйственным машинам. М.: ГОСНИТИ, 1984.– 104с.

3. Миклуш В.П. Организация технического сервиса в АПК: Монография/ В.П. Миклуш. - Мн.: БГАТУ, 2004.- 296 с.

**Miklush V., Bartashevich L., Saiganov A. The support of maintenance system of the tractor «Belarus» with spare parts**

The paper considers the support of dealer engineering centres of the tractor “Belarus” with spare parts. It is possible to organize the functioning of three types of storehouses: storehouse for warranty tractors up to 200 h.p.; storehouse for warranty tractors up to 300 - 350 h.p.; storehouse for commercial spares. The methods of calculating spare parts demand and their optimal distribution among the levels of the reservation system are shown.

**Keywords:** tractors “Belarus”, dealer engineering centres, spare parts, reservation system, optimal distribution

### **References**

1. Tehnicheskij servis sel'skhozjajstvennyh mashin i oborudovanija. Porjadok opredelenija norm rashoda i rezerva zapasnyh chastej. Rukovodjashhij document RD 02260.03.28-2005.

2. Metodika normirovanija rashoda zapasnyh chastej k traktoram i sel'skhozjajstvennym mashinam. M.: GOSNITI, 1984.– 104s.

3. Miklush V.P. Organizacija tehničeskogo servisa v APK: Monografija/ V.P. Miklush. - Mн.: BGATU, 2004.- 296 s.