

УДК 621.9

Клепцов Александр Алексеевич, доцент, к.т.н.
(КузГТУ, г. Кемерово)

Kleptsov Alexander, assistant professor, Candidate of engineering science
(KuzSTU, Kemerovo)

МЕТОДИКА ОПТИМИЗАЦИИ МАТЕРИАЛЬНЫХ ЗАПАСОВ НА МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОМ ПРЕДПРИЯТИИ

METHOD FOR OPTIMIZATION STOCK OF MATERIALS AT ENGINEERING WORKS

Особенностью многих предприятий ремонтного машиностроения является единичный или мелкосерийный характер производства в сочетании с многономенклатурностью производственного плана и малой повторяемостью изделий. Поэтому очень важно оптимально распределить производство изделий в планируемом периоде, выбрать рациональный способ использования ограниченных ресурсов с целью достижения наибольшей эффективности.

Управление материальными потоками всегда являлось существенной стороной хозяйственной деятельности таких предприятий. Однако лишь сравнительно недавно оно приобрело положение одной из наиболее важных функций экономики предприятия. Основная причина – переход от рынка продавца к рынку заказчика, вызвавший необходимость гибкого реагирования производственных систем на быстро изменяющиеся приоритеты заказчика.

Исходя из определения логистики, как науки о движении и управлении материальными, информационными и др. потоками от поставщика сырья до потребителя готовой продукции, возникает задача определения оптимального сочетания характеристик технологического процесса, обеспечивающих стабильность технологического процесса и качество изготавливаемой продукции при минимальных затратах для всей производственной системы в целом и в отдельности для каждого ее участника.

Предлагаемая в данной работе методика параметрической оптимизации технологических процессов разрабатывается для условий мелкосерийного производства, наиболее широко распространенного в машиностроении.

Критерием оптимальности функционирования внутрипроизводственной логистической системы материальных потоков выбрана себестоимость продукции. Наиболее перспективными с точки зрения управления себестоимостью продукции C предприятия представляются три ее составляющие [1, 2]: затраты на хранение запасов $C_{\text{зап}}$; транспортные затраты

$C_{\text{трансп}}$; технологическая себестоимость продукции $C_{\text{техн}}$, как часть полной себестоимости, зависящей от технологии изготовления продукции

$$C = f(C_{\text{зап}}, C_{\text{трансп}}, C_{\text{техн}}) \rightarrow \min.$$

При расчете ежегодной стоимости хранения запасов $C_{\text{зап}}$ принято исходить из среднего количества продукции, которая составляет запас в течение одного производственного цикла. В первом приближении, уровень запасов изменяется линейно в промежутке от q до нуля, следовательно, средний уровень запасов равен $q/2$, где q – первоначальный объем запасов.

Затраты на хранение единицы продукции $C_{\text{ед}}$ определяются либо как фиксированная величина на месяц, либо в процентах от общей себестоимости единицы продукции.

Ежемесячная стоимость хранения запасов

$$C_{\text{зап}} = C_{\text{ед}} \cdot T_{\text{хр}} \cdot q/2,$$

где $T_{\text{хр}}$ – время хранения запасов на складе, мес.

Транспортные затраты могут быть определены, как сумма затрат на амортизацию транспортных средств $A_{\text{тр}}$, затрат на различные виды энергии \mathcal{E} , используемой для транспортирования и затрат на заработную плату работникам, обслуживающим транспортные средства $Z_{\text{тр}}$

$$C_{\text{трансп}} = A_{\text{тр}} + \mathcal{E} + Z_{\text{тр}},$$

$$A_{\text{тр}} = \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J \left(\frac{T_i + t_{\text{шт}i,j}}{60} \cdot O_{\text{тр}i,j} \cdot n_i \right).$$

Здесь i – номер изделия; j – номер операции обработки i -го изделия; T_i – время транспортировки между рабочими местами i -го изделия, мин; $t_{\text{шт}i,j}$ – норма штучного времени обработки i -го изделия на j -й операции, мин; $O_{\text{тр}i,j}$ – часовые расходы на амортизацию и содержание транспортных средств на j -й операции обработки i -го изделия, руб.; n_i – партия выпуска i -го изделия, штук.

Технологическая себестоимость годового выпуска продукции участком или цехом определяется выражением

$$C_{\text{техн}} = \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J \left[\frac{t_{\text{шт}i,j}}{60} \cdot (S_{p_{i,j}} K_{\text{мр}i,j} + O_{i,j}) n_i + 0,2 K_{30} T_{\text{п-з}i,j} S_{\text{н}i,j} K_{\text{мн}i,j} \right],$$

где $S_{p_{i,j}}$ – часовая тарифная ставка основного рабочего на j -й операции обработки i -й детали, руб.; $K_{\text{мр}i,j}$ – коэффициент многостаночного обслуживания основного рабочего на j -й операции обработки i -й детали; $O_{i,j}$ – часовые расходы на амортизацию и содержание оборудования и оснастки на j -й операции обработки i -й детали, руб.; K_{30} – коэффициент закрепления операций (среднее число переналадок оборудования за месяц на участке или в цехе); $T_{\text{п-з}i,j}$ – норма подготовительно-заключительного времени на j -й операции обработки i -й детали, мин; $S_{\text{н}i,j}$ – часовая тарифная ставка на-

ладчика на j -й операции обработки i -й детали, руб.; $K_{мнi,j}$ – коэффициент многостаночного обслуживания наладчика на j -й операции обработки i -й детали.

В результате целевая функция примет следующий вид:

$$C = C_{ед} q/2 + \Xi + Z_{тр} + \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J \left[\left(\frac{t_{штi,j}}{60} (O_{трi,j} + S_{рi,j} K_{мрi,j} + O_{i,j}) + T_i O_{трi,j} \right) N_i + 0,2 K_{зо} T_{п-зi,j} S_{нi,j} K_{мнi,j} \right].$$

Для минимизации себестоимости необходимо определить управляющие параметры – характеристики производственного процесса, варьирование которыми на уровне проектирования технологических процессов позволит существенно менять величину себестоимости. Очевидно, что в представленном выражении такими параметрами могут быть: J – количество операций обработки каждой детали; $t_{штi,j}$ – нормы штучного времени обработки деталей по операциям; $T_{п-зi,j}$ – нормы подготовительно-заключительного времени по операциям; T_i – время транспортировки деталей; $T_{хр}$ – время хранения деталей (заготовок, незавершенного производства) на складе; q – объемы запасов материалов и комплектующих.

В соответствии с общей постановкой задачи параметрической оптимизации в математическую модель материальных потоков, помимо целевой функции входят также ограничения по управляющим переменным.

Вектор оптимизационных параметров выглядит следующим образом:

$$X = (J, t_{шт}, T_{п-з}, T_i, T_{хр}, q).$$

Первая группа ограничений – по объему запасов заготовок, деталей и комплектующих. Наименьший объем запасов равен нулю. Наибольший объем запасов может быть определен по формуле Вильсона [2], как экономически разумный размер заказа EOQ (Economic Order Quantity)

$$EOQ = \sqrt{2D \cdot O / C_{ед}},$$

где D – годовая потребность в заказываемом продукте, шт.; O – затраты на поставку единицы заказываемого продукта, руб.; $C_{ед}$ – годовые затраты на хранение единицы заказываемой продукции, руб./шт.

Тогда ограничение по объему запасов заготовок, деталей и комплектующих выглядит следующим образом:

$$0 < q < EOQ$$

Ко второй группе ограничений относятся ограничения по количеству операций обработки каждой детали. Учитывая, что количество операций обработки не может быть менее одной, ограничение имеет вид

$$1 \leq J \leq J_0,$$

где J_0 – количество операций обработки каждой детали.

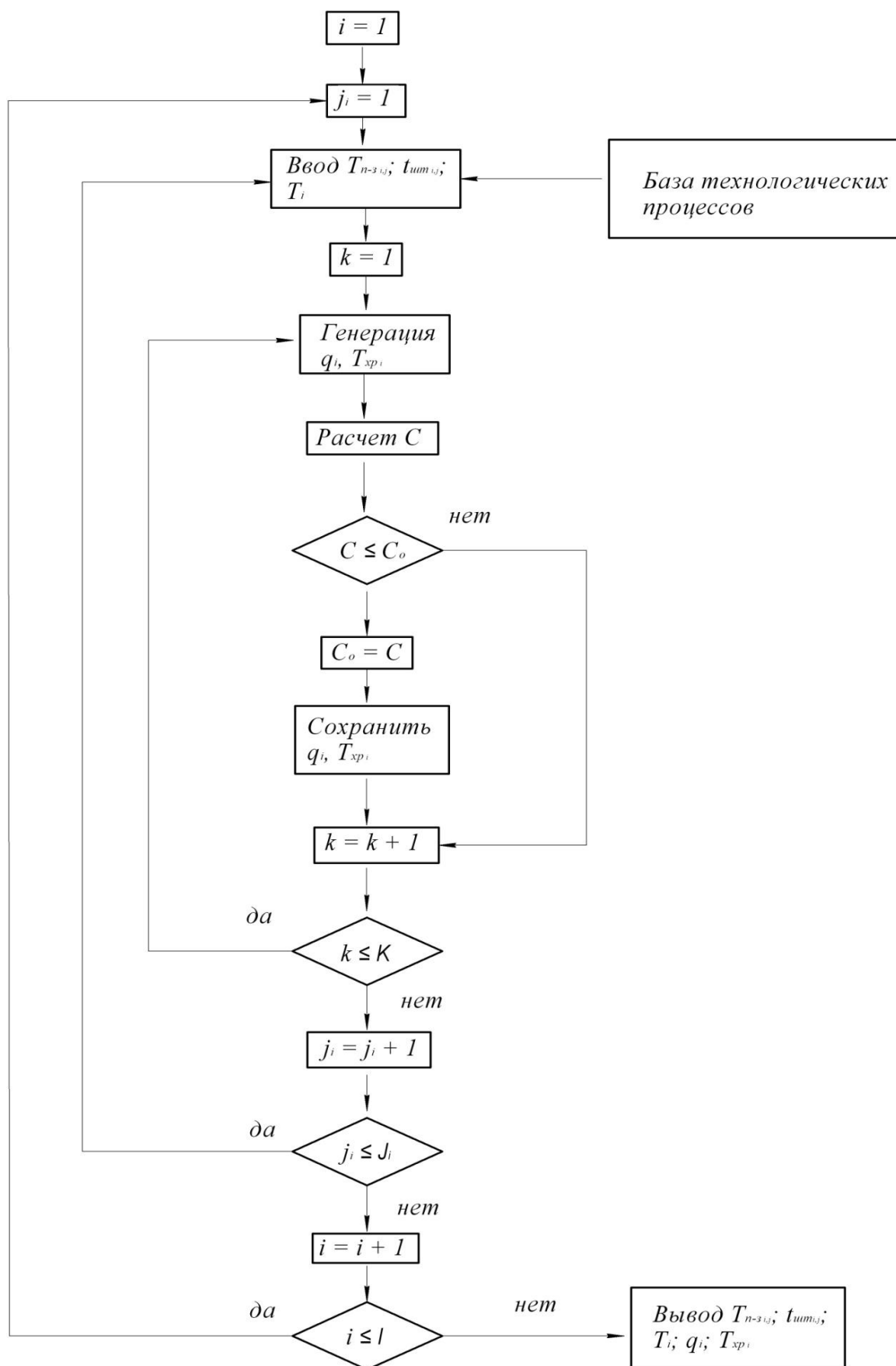


Рис. 1. Блок-схема алгоритма оптимизации объемов и сроков хранения запасов заготовок, деталей и комплектующих

К третьей группе относятся ограничения по срокам хранения запасов заготовок, деталей и комплектующих. Очевидно, что запас не может храниться на складе менее одного рабочего дня (0,045 месяца), необходимого для его приемки и отпуска. В то же время, если запас не востребован в течение года (12 месяцев), а подавляющее большинство машиностроительных предприятий планирует свою работу на год, следовательно, такой запас просто не нужен. Учитывая это, ограничение по срокам хранения запасов заготовок, деталей и комплектующих примет вид:

$$0,045 \leq T_{\text{хр}} \leq 12.$$

К четвертой группе относятся ограничения по производительности по каждой группе станков. При односменной работе это ограничение выглядит следующим образом:

$$0 < \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J (t_{\text{шт},i,j} + T_{\text{п-з},i,j}/N_i) < 60 \cdot F \cdot \eta \cdot N,$$

где F – годовой фонд времени работы оборудования; η – коэффициент загрузки станков; N – количество станков в каждой группе.

Предложенная методика была реализована в виде компьютерной программы, блок-схема которой приведена на рис. 1. Для оптимизации объема запасов заготовок, деталей и комплектующих q и времени хранения запасов заготовок, деталей и комплектующих $T_{\text{хр}}$ на складе был использован метод случайного поиска.

Сущность метода заключается в том, что производится генерация случайных значений q и $T_{\text{хр}}$ в пределах выбранных ограничений и рассчитывается величина критерия оптимальности C для каждой пары этих параметров. Перебором выбранного количества вариантов K определяется объем q и срок хранения $T_{\text{хр}}$ запасов заготовок, деталей и комплектующих по каждому наименованию изделий i , обеспечивающие минимальную технологическую себестоимость C годовой программы участка или цеха.

Величины остальных управляющих параметров J_0 , $t_{\text{шт}}$, $T_{\text{п-з}}$, T_i определяются технологическими процессами обработки каждой детали.

Для отладки методики и алгоритма была использована электронная база технологических процессов Кемеровского филиала ОАО «Сибирь-энергоремонт» ОАО «Кузбассэнерго». В настоящее время методика проходит апробацию на указанном предприятии.

Список литературы

1. Поляков, С.В. Повышение эффективности логистической деятельности предприятия на основе использования информационных технологий. – М.: Лаборатория книги, 2010.
2. Дегтярев, А.С. Планирование и контроль уровня запасов. – М.: Лаборатория книги, 2011.