

УДК 630*652.3: 658.783

А.А. Карякин

Архангельский государственный технический университет

Карякин Алексей Андреевич родился в 1982 г., окончил в 2005 г. Архангельский государственный технический университет, аспирант кафедры промышленного транспорта АГТУ. Имеет одну печатную работу по автоматизированному проектированию лесовозных автомобильных дорог.
E-mail: shpriz@atnet.ru



К ОПРЕДЕЛЕНИЮ ЗАПАСОВ ДРЕВЕСИНЫ НА СКЛАДАХ ЛЕСОПЕРЕРАБАТЫВАЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Проанализирован один из инструментов определения надежности системы поставок круглых лесоматериалов на лесоперерабатывающие предприятия Архангельской области. Рассмотрены механизм теории Маркова, системы массового обслуживания, возможность их применения к стохастическим системам поставок.

Ключевые слова: лесоматериалы круглые, поставки, управление запасами, логистика, вероятность, надежность системы.

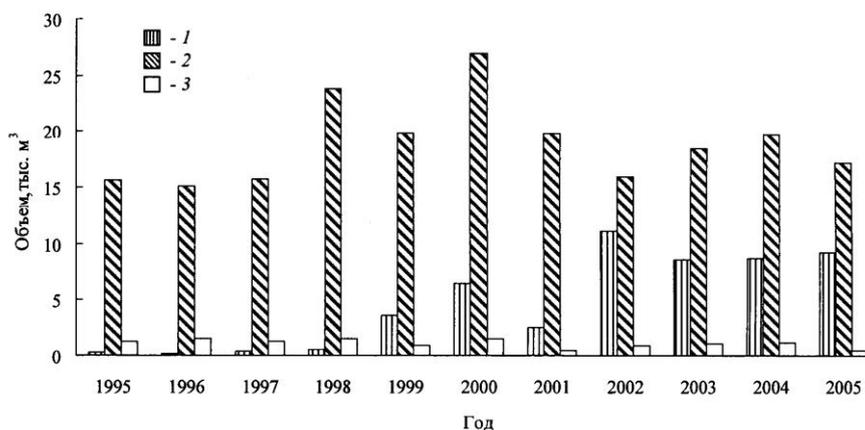
Лесозаготовительное производство представляет собой цепочку последовательных технологических операций, основными из которых являются валка леса, вывозка древесины и производство круглых лесоматериалов. Независимо от технологии лесозаготовок (хлыстовая или сортиментная), технических средств, применяемых для валки леса и транспортировки древесины, технологические и производственные параметры являются ключевыми при определении потребности в технологическом и транспортном оборудовании, выборе режимов его эксплуатации и прогнозировании объемов производства [1, 2].

Эксплуатируемые в лесозаготовительной отрасли новейшие автоматизированные системы управления технологическими процессами регистрируют большой объем производственной информации, однако ее использование сводится к исчислению средних показателей.

На современном этапе развития лесозаготовительное производство функционирует на базе основных 16 лесотранспортных систем [4]. Качество функционирования оценивается различными критериями в натуральном, стоимостном и трудовом выражении. Ввиду того, что вывозка, перевозка и производство лесоматериалов представляют собой сложный стохастический процесс, не представляется возможным применение методов линейного программирования [4].

Рассмотрим процесс поступления древесины на склад на примере ОАО ЛДК № 3 (26-й лесозавод) – одного из лесоперерабатывающих предприятий Архангельской области, занимающихся производством экспортной пилопродукции. Объем производства составляет примерно 1200 м³ в сутки.

Поставки сырья осуществляют тремя видами транспорта: автомобильным, железнодорожным и водным. Средние их объемы за период с 1995 г. по 2005 г. представлены на рисунке.



Объем поставок круглых лесоматериалов: 1 – автомобильный; 2 – водный; 3 – железнодорожный транспорт

Поставки лесоматериалов на склад предприятия – случайные величины, так как осуществляются в неизвестные моменты времени. Лишь сроки транспортировки в плотях оговариваются отдельно и зависят от съемного уровня на плотбище.

Каждая поставка любой транспортной единицей требует затрат на разгрузочные работы, размещение, содержание и подачу на распиловку. Слишком большие запасы продукции ведут к замораживанию средств предприятия, слишком малые – к возможной остановке производства из-за дефицита сырья. Необходимо найти оптимальный режим работы предприятия как системы с ограниченными ресурсами, минимальными затратами на создание и содержание запасов, максимумом надежности в таких условиях [1, 2].

Товарно-материальные запасы всегда считались фактором, обеспечивающим безопасность системы снабжения, ее гибкое функционирование, и являлись своего рода страховкой. Поскольку запасы относятся к числу объектов, требующих больших капиталовложений, они представляют собой один из факторов, определяющих политику предприятия и воздействующих на уровень логистического обслуживания в целом. Существуют следующие три вида товарно-материальных запасов: 1) сырьевые материалы (в том числе комплектующие изделия и топливо); 2) товары, находящиеся на стадии изготовления; 3) готовая продукция. Перечисленные виды представляют собой материальные ценности, ожидающие производственного или личного потребления. В связи с этим можно утверждать, что запас – это форма существования материального потока [1].

Рассматривая процесс поставки лесоматериалов от верхнего лесосклада до предприятия, представим его как непрерывный по времени материальный поток с дискретным состоянием. Рассмотрим цепочку поставки

лесопroduкции на склад ОАО ЛДК № 3 с точки зрения теории вероятности и определим надежность работы системы, когда нет дефицита древесины. Для анализа используем аппарат непрерывной цепи Маркова и теории массового обслуживания [3]. На балансе предприятия имеются три механизма, обеспечивающих разгрузку автомобильного транспорта и подачу древесины из воды. Применим к данной операции систему массового обслуживания с n каналами ($n > 1$) [3, 5], одновременно возможно обслуживание трех поступивших единиц.

Допустим, что в начальный момент времени t склад предприятия был пуст и система находилась в состоянии S_1 . В следующий момент осуществлена поставка q -го объема продукции, и система переходит в состояние S_2 . Далее она может перейти как в состояние S_3 , так и вернуться в состояние S_2 вследствие расходования сырья для производства готовой продукции.

Обозначим через $P_i(t)$ вероятность того, что в момент t система S находится в состоянии S_i ($i = 0, 1, \dots, n$). Определим для любого t вероятности состояний $P_0(t), P_1(t), P_2(t), \dots, P_i(t)$. Очевидно, что

$$\sum_{i=1}^n P_i(t) = 1.$$

Для непрерывного процесса вместо переходных вероятностей P_{ij} рассматривают их плотности λ_{ij} , представляющие собой предел отношения вероятности перехода системы за время Δt из состояния S_i в состояние S_j к длине промежутка Δt :

$$\lambda_{ij}(t) = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{P_{ij}(t; \Delta t)}{\Delta t}. \quad (1)$$

Здесь $P_{ij}(t; \Delta t)$ – вероятность того, что система, пребывавшая в момент t в состоянии S_i , за время Δt перейдет из него в состояние S_j (при этом всегда $i \neq j$).

Рассматривая временной конечный ряд из n элементов, вероятности состояний $P_i(t)$ (см. формулу (1)) находят решением системы дифференциальных уравнений (уравнений Колмогорова), имеющих вид

$$\frac{dP_i(t)}{dt} = \sum_{j=1}^n \lambda_{ji} P_j(t) - P_i(t) \sum_{j=1}^n \lambda_{ij}, \quad (2)$$

где $\sum_{j=1}^n \lambda_{ji} P_j(t)$ – поток вероятности перехода из состояния S_i в S_j , причем ин-

тенсивность потоков λ_{ji} может изменяться во времени или быть постоянной.

Уравнения (2) составляют по размеченному графу состояний системы, пользуясь следующим мнемоническим правилом: производная вероятности каждого состояния равна сумме всех потоков вероятности, идущих из других состояний в данное, минус сумма всех потоков вероятности, идущих из данного состояния в другие [3]. Чтобы решить систему дифференциаль-

ных уравнений (2), нужно задать начальное распределение вероятностей $P_0(0), P_1(0), P_2(0), \dots, P_i(0)$:

$$P_0(0) = P_1(0) = P_2(0) = \dots = P_i(0) = 0.$$

Составим матрицу возможных переходов системы (табл. 1) и определим вероятности поступления сырья.

Таблица 1

Матрица переходов								
Состояние системы	S_0	S_1	S_2	S_3	S_1+S_2	S_1+S_3	S_2+S_3	$S_1+S_2+S_3$
S_0	0	1	1	1	1	1	1	1
S_1	1	0	1	1	1	1	1	1
S_2	1	1	0	1	1	1	1	1
S_3	1	1	1	0	1	1	1	1
S_1+S_2	1	1	1	1	0	1	1	1
S_1+S_3	1	1	1	1	1	0	1	1
S_2+S_3	1	1	1	1	1	1	0	1
$S_1+S_2+S_3$	1	1	1	1	1	1	1	0

Учитывая, что система не может вернуться сама в себя, определим разное ее состояние: S_0 – начальное, когда запас на складе предприятия $q = 0$; S_1, S_2, S_3 – запас на складе увеличивается за счет поставки соответственно автомобильным, водным и железнодорожным транспортом; S_1+S_2 – на склад пребывает одновременно автопоезд и плот; S_1+S_3 – поступление сырья одновременно автомобильным и железнодорожным транспортом; S_2+S_3 – то же водным и железнодорожным транспортом; $S_1+S_2+S_3$ – тремя видами транспорта.

Для определения финальных вероятностей системы составим уравнения Колмогорова

$$\left. \begin{aligned} \frac{dP_0(t)}{dt} &= -l_c \sum_{i=1}^n \lambda_{0i} P_0(t) + \sum_{i=1}^{n-1} \mu_{i0}(t) P_i(t); \\ \dots\dots\dots \\ \frac{dP_0(t)}{dt} &= l_c \lambda_{0i} P_0(t) - \mu_{i0}(t) P_i(t); \\ \dots\dots\dots \\ \frac{dP_n(t)}{dt} &= l_c \lambda_{0n} P_0(t), \end{aligned} \right\}$$

где l_c – коэффициент, учитывающий интенсивность поступления по видам транспорта (среднесуточный объем поступления), $l_c = 20 \dots 90 \text{ м}^3/\text{ч}$.

Рассчитывая финальные вероятности перехода системы из одного состояния в другое, определяем вероятности поставки сырья на предприятие и запасы его на складе. Интенсивность поступления сырья, время обслуживания по видам транспорта и финальные вероятности представлены в табл. 2.

Таблица 2

Характеристики поступления сырья на склад

Показатель	Автомобильный транспорт	Водный транспорт	Железнодорожный транспорт
Средняя интенсивность поступления	12 автомобилей в день	1 плот в 2 недели (10 000 м ³)	3 вагона в день
Среднее время обслуживания, ч	0,5	12,0	1,8
Вероятность перехода:			
P_1	$P_1 = 0,07$	$P_2 = 0,08$	$P_3 = 0,19$
P_4		0,15	–
P_5	–		0,27
P_6	0,26	–	0,26
P_7		0,34	
Ожидаемый запас, м ³	223	657	146

Для стабильной работы предприятия необходимо, чтобы на складе сменный объем распиловки составлял 400 м³. Согласно табл. 2 ежедневные поставки автомобильным транспортом равны 223 м³ (60 %), водным 657 м³ (178 %), железнодорожным 146 м³ (36 %). Надежность поставки определяется как $z = -\log p_i$ [6], следовательно, минимальные поставки могут быть обеспечены как суммарные объемы автомобильным и железнодорожным транспортом в размере 369 м³, вероятность поступления 0,996.

На время распутицы основным видом транспорта становится железнодорожный, с вероятностью 0,98 на склад предприятия будет поставлено 176 м³ древесины (44 %), для нормальной суточной работы необходимо объемы поставок увеличить до 10 вагонов в день или создать резервные запасы на 15 сут (период распутицы) в весенне-летний и осенне-зимний периоды.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Алябьев, В.И.* Организация вывозки древесины: технологические расчеты, оперативное управление [Текст]: учеб. пособие / В.И. Алябьев. – М.: МГУЛ, 1995. – 126 с.
2. *Бахвалов, Л.А.* Моделирование систем [Текст]: учеб. пособие для вузов / Л.А. Бахвалов. – М.: Изд-во Моск. гос. горн. ун-та, 2006. – 295 с.
3. *Вентцель, Е.С.* Задачи и упражнения по теории вероятностей [Текст]: учеб. пособие для вузов / Е.С. Вентцель, Л.А. Овчаров. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Высш. шк., 2002. – 448 с.
4. *Меньшиков, А.М.* Технологический анализ и моделирование процессов лесозаготовок методами статистической динамики [Текст]: дис. ... канд. техн. наук / А.М. Меньшиков. – Архангельск, 2007.
5. *Осипов, В.Т.* Маршрутизация перевозок и повышение ее эффективности [Текст]: дис. ... канд. техн. наук / В.Т. Осипов. – СПб., 2005.
6. *Таха Хемди, А.* Введение в исследование операций [Текст] / А. Таха Хемди; пер. с англ. – 7-е изд. – М.: Изд. дом «Вильямс», 2005. – 912 с.

Поступила 28.12.07

Arkhangelsk State Technical University

To Determination of Timber Stocks in Storages of Woodworking Mills

One of the instruments for determining the reliability of procurement system for round wood at woodworking mills of the Arkhangelsk region is realized. Markov's theory mechanism, mass service system, possibility of their application for stochastic procurement system are considered.

Keywords: round wood, procurement, stock control, logistics, probability, system reliability.
