

DOI: 10.58168/E-SEFTFI2024_14-18

УДК 630.3:519.217

**ПРИМЕНЕНИЕ ТЕОРИИ МАССОВОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ
ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ РАБОТЫ ДЕРЕВООБРАБАТЫВАЮЩЕГО ЦЕХА**
**TAPPLICATION OF QUEUING THEORY TO OPTIMIZE
THE OPERATION OF A WOODWORKING SHOP**

Бухтояров Л.Д., кандидат технических наук, доцент ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», Воронеж, Россия	Bukhtoyarov L.D., Candidate of Technical Sciences, associate professor, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia
Жукова К.А., магистр ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», Воронеж, Россия	Zhukova K.A., master, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia
Чеботарь В.Р., магистр, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», Воронеж, Россия	Chebotar V.R., master, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia
Зейдлерс С.Э., магистр, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», Воронеж, Россия	Zeidlers S.E., master, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia

Аннотация: Рассмотрены возможности применения теории массового обслуживания и методов оптимизации для повышения эффективности работы деревообрабатывающего цеха. Проведен расчет загрузки оборудования и предложены методы оптимизации, позволяющие увеличить производительности работы цеха.

Abstract: The possibilities of applying the theory of queuing and optimization methods to improve the efficiency of the woodworking shop are considered. The calculation of equipment loading was carried out and optimization methods were proposed to increase the productivity of the workshop.

Ключевые слова: теория массового обслуживания, деревообработка, цех, оптимизация, производительность.

Keywords: theory of queuing, woodworking, workshop, optimization, productivity.

Эффективность производственных систем деревообрабатывающих цехов является ключевым фактором успешного функционирования предприятия. В современных условиях деревообрабатывающие предприятия, сталкиваются с задачей повышения

производительности, сокращения простоев оборудования и минимизации затрат. Для оценки и оптимизации работы таких систем могут быть использованы различные показатели эффективности, в том числе: пропускная способность системы; время ожидания; загрузка оборудования; вероятность возникновения очереди [1].

Для решения задач повышения производительности деревообрабатывающих цехов применяются методы математического моделирования. Одним из наиболее эффективных инструментов в данной области является теория массового обслуживания. Она позволяет моделировать производственные процессы как системы с переменными параметрами, учитывая случайный характер поступления сырья на обработку и временные характеристики работы оборудования [2,3].

Производственные структуры могут быть рассмотрены как системы массового обслуживания, где оборудование выполняет роль обслуживающих станков, а поток поступающих заготовок — роль заявок. В таких системах параметры обслуживания (скорость обработки, загрузка станков) могут изменяться в зависимости от различных факторов, таких как тип заготовок или состояние оборудования. Моделирование подобных процессов с переменными параметрами позволяет более точно оценивать текущую ситуацию в производственном цикле и разрабатывать стратегии для повышения эффективности [4].

Для анализа и оптимизации технологических процессов деревообработки применяются аналитические методы, основанные на теории массового обслуживания. Эти методы позволяют определить оптимальную конфигурацию оборудования, минимизировать время ожидания и увеличить пропускную способность производственных линий. Важнейшими задачами в данном контексте являются балансировка потоков сырья, рациональное распределение заготовок между станками и выбор оптимального числа обслуживающих приборов для минимизации затрат и времени простоев [5].

Деревообрабатывающие цеха являются сложными производственными системами, в которых используется разнообразное оборудование для обработки древесины и выпуска продукции, например, вагонки. Оптимизация работы такого цеха является важной задачей для повышения эффективности производства и снижения издержек. Для решения подобных задач могут быть использованы методы теории массового обслуживания и методы оптимизации. В данной статье рассмотрим возможность применения этих методов для оптимизации работы деревообрабатывающего цеха, в котором установлено оборудование: Wood-Mizer LT40, Altendorf F 45, Walter Multirip MR300, Weinig Powermat 700, Nardi ES и Costa Levigatrici.

Параметры модели массового обслуживания:

- λ — интенсивность потока заявок (в нашем случае — поступление заготовок для обработки);
- μ — средняя производительность оборудования (скорость обработки одной заготовки);
- n — число обслуживающих станков;
- $P(n)$ — вероятность наличия свободного станка.

Основной целью оптимизации работы цеха будет минимизация времени ожидания обработки заготовок и увеличение пропускной способности системы. Применение теории массового обслуживания позволяет моделировать очереди на каждом этапе обработки и выстраивать систему с минимальными потерями времени.

Для оптимизации работы деревообрабатывающего цеха введем следующие входные параметры:

Количество поступающих заготовок $\lambda=20$ заготовок в час.

Скорость обработки заготовок на станках (μ): для каждого станка будет различной в зависимости от его мощности: Wood-Mizer LT40 – 10 заготовок в час; Altendorf F 45 – 12 заготовок в час; Walter Multirip MR300 – 15 заготовок в час; Weinig Powermat 700 – 8 заготовок в час; Nardi ES – 20 заготовок в час; Costa Levigatrici – 18 заготовок в час.

Количество станков для каждого типа – по одному ($n = 1$). Таким образом, поток заявок должен быть равномерно распределен между станками.

Используем модель М/М/1 с очередью (одноканальная система с пуассоновским потоком заявок и экспоненциальным распределением времени обслуживания). Вероятность того, что система находится в состоянии ожидания обработки (загрузка станка) определяется формулой

$$P_0 = 1 - \frac{\lambda}{n \cdot \mu} \quad (1)$$

где P_0 – вероятность того, что станок простаивает

Вероятность того, что система загружена и в ней находится хотя бы одна заявка рассчитаем по формуле

$$P_q = 1 - P_0 \quad (2)$$

Пример расчета для одного станка (Wood-Mizer LT40):

$$P_0 = 1 - \frac{20}{1 \cdot 10} = 1 - 2 = -1 \quad (3)$$

Вероятность не может быть отрицательной, но из-за того что интенсивность потока заявок превышает производительность она ушла в минус. Это означает что станок будет постоянно загружен и можно принять что вероятность ожидания $P_0=0$.

Таким образом, станок Wood-Mizer LT40 работает с полной загрузкой. Для других станков можно провести аналогичные расчеты, чтобы оценить степень их загрузки и вероятность возникновения очередей.

Для улучшения работы цеха рассмотрим несколько методов оптимизации:

- улучшение производительности оборудования за счет модернизации или настройки станков. Это позволит увеличить скорость обработки μ , что снизит нагрузку на систему и уменьшит время ожидания.

- рационализация распределения заготовок между станками с учетом их производительности и загрузки.

- добавление дополнительных станков одного типа (например, увеличение числа Wood-Mizer LT40 до двух). Это позволит увеличить общую пропускную способность цеха.

Пример применения метода оптимизации: если добавить еще один станок Wood-Mizer LT40, система превращается в многоканальную ($n=2$), и расчет вероятности простоя будет следующим:

$$P_0 = 1 - \frac{\lambda}{2 \cdot \mu} = 1 - \frac{20}{2 \cdot 10} = 0 \quad (4)$$

Для комплексной оценки работы цеха можно использовать подход системы массового обслуживания без очередей.

В этом случае вероятность отказа определил по формуле

$$P_{\text{отк}} = \frac{\lambda}{\lambda + \mu} \quad (5)$$

Для примера с Wood-Mizer LT40 формула примет вид

$$P_{\text{отк}} = \frac{20}{20 + 10} = \frac{20}{30} = 0,6667 \quad (6)$$

Это означает, что вероятность отказа в обслуживании составляет 66.67%, что указывает на значительные потери производительности при текущей конфигурации (один станок и перегрузка системы).

Таким образом, использование теории массового обслуживания и методов оптимизации может значительно улучшить работу деревообрабатывающего цеха. Анализ и оптимизация потоков заготовок и загрузки оборудования позволяют снизить время ожидания, уменьшить простои и увеличить общую производительность. Методы оптимизации, такие как увеличение количества станков и оптимизация распределения заготовок, оказывают значительное влияние на повышение производительности работы цеха.

Список литературы

1. Маликов, М. С. Основные показатели эффективности систем массового обслуживания / М. С. Маликов // Образование и наука в России и за рубежом. – 2018. – № 6(41). – С. 143-145.
2. Дручинин, Д. Ю. Математические методы в инженерии : учебное пособие / Д. Ю. Дручинин, Л. Д. Бухтояров. – Воронеж : Воронежский государственный лесотехнический университет им. Г.Ф. Морозова, 2019. – 103 с.
3. Мамматов, В. О. Решение производственных задач при помощи методов математического моделирования / В. О. Мамматов // Экономика и эффективность организации производства. – 2016. – № 24. – С. 124-126.
4. Смирнов, И. Н. Производственные структуры как системы массового обслуживания с переменными параметрами / И. Н. Смирнов // Актуальные вопросы науки и практики, Уфа, 20 июня 2023 года. Том 1. – Уфа: Общество с ограниченной ответственностью "Научно-издательский центр "Вестник науки", 2023. – С. 70-75.
5. Чамеев, В. В. Аналитические методы исследования технологических процессов лесопромышленного производства с применением теории массового обслуживания : учебное пособие / В. В. Чамеев, В. В. Побединский, А. В. Солдатов. – Екатеринбург : УГЛТУ, 2018. – 120 с.

References

1. Malikov, M. S. Key performance indicators of queueing systems / M. S. Malikov // Education and Science in Russia and Abroad. - 2018. - No. 6 (41). - P. 143-145.
2. Druchinin, D. Yu. Mathematical methods in engineering: a tutorial / D. Yu. Druchinin, L. D. Bukhtoyarov. - Voronezh: Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, 2019. - 103 p.
3. Mammatov, V. O. Solving production problems using mathematical modeling methods / V. O. Mammatov // Economy and efficiency of production organization. – 2016. – No. 24. – P. 124-126.
4. Smirnov, I. N. Production structures as systems of mass, Ufa, June 20, 2023. Volume 1. – Ufa: Limited Liability Company "Scientific Publishing Center "Bulletin of Science", 2023. – P. 70-75.
5. Chameev, V. V. Analytical methods for studying technological processes of forest industry production using the theory of mass service: a tutorial / V. V. Chameev, V. V. Pobedinsky, A. V. Soldatov. - Ekaterinburg: USLTU, 2018. - 120 p.