

## ВЕРОЯТНОСТНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПРОИЗВОДСТВА ПИЛОПРОДУКЦИИ

С.П. АГЕЕВ, доц. С(А)ФУ, д-р техн. наук,

В.И. МЕЛЕХОВ, проф. каф. древесиноведения и технологии деревообработки С(А)ФУ,  
д-р техн. наук,

С.Н. РЫКУНИН, проф. каф. технологии деревоперерабатывающих производств МГУЛ,  
д-р техн. наук

*doctor.mart11@mail.ru, rikunin@mgul.ac.ru*

Лесотехнический институт Северного (Арктического) федерального университета им. М.В. Ломоносова,  
163002, г. Архангельск, Наб. Сев. Двины, 17,  
ФГБОУ ВПО «Московский государственный университет леса»  
141005, Московская обл., г. Мытищи-5, ул. 1-я Институтская, д. 1, МГУЛ

*Производственный процесс в лесопильном цехе обладает свойствами вероятностных процессов. Среди множества различных типов случайных процессов особое значение для математического моделирования производственных систем имеют марковские процессы. Структурный анализ технологических схем лесопильного производства показал, что оно по своей структуре может быть представлено как система массового обслуживания. На вход такой системы поступает поток пиловочного сырья, а на выходе образуется поток пиломатериалов. При этом отдельные технологические операции процесса образуют фазы системы массового обслуживания, что позволяет рассматривать лесопильное производство как многофазную систему. В свою очередь, каждая фаза также представляет систему массового обслуживания с ожиданием. Установлено, что входящий поток сортиментов на всех фазах технологического процесса представляет собой случайный процесс, обладающий свойствами: ординарность, стационарность, ограниченность последствия. Для моделирования стационарного потока с ограниченным последствием наиболее адекватной математической моделью является поток Эрланга. Определены интенсивности входящих потоков и их зависимость от технологических параметров режимов работы оборудования и геометрических характеристик сортиментов.*

*Ключевые слова: технологический процесс, случайная величина, закон распределения вероятностей, система массового обслуживания, плотность распределения.*

Известно, что характер изменения потребления электроэнергии предприятием в целом определяется характером ее потребления отдельными участками производства, который, в свою очередь, зависит от режима работы оборудования или протекания технологического процесса. Поэтому при анализе отдельных производственных подразделений лесопильно-деревообрабатывающего комбината необходимо одновременно учитывать и особенности протекания технологических процессов с учетом влияния основных факторов [1].

Технологический процесс в лесопильном производстве состоит из отдельных операций [2]. Эти операции проходит каждый объект обработки в отдельности, трансформируемый по мере движения в лесопильном потоке, поэтому производственный процесс в лесопильном цехе носит дискретный характер. Такой процесс существенно отличается от дискретных процессов в других отраслях промышленности (машиностроение, легкая и пищевая промышленность) тем, что исходное

сырье (бревна) и продукция из него (пиломатериалы) изменяются по размерам и качеству в значительных пределах.

Характерной особенностью процессов деревообработки является и то, что сам объект обработки – древесина – является очень сложным. Влияние природных особенностей развития обуславливает резко выраженную индивидуальность технических свойств древесины. Показатели, характеризующие форму, размеры и физические свойства исходного сырья, могут принимать различные значения в некотором диапазоне их изменения. Между этими отдельными значениями нет определенной зависимости. Отсутствует определенная закономерность и в очередности значений данных показателей, поэтому параметры исходного сырья имеют свойства случайных величин.

Кроме этого, параметры отдельных механизмов не являются строго постоянными. В процессе работы происходит износ деталей и узлов. В связи с этим продолжительность технологических операций непостоянна: она



Рис. 1. Сетевая модель поточной линии производства пилопродукции  
 Fig. 1. Network model of sawn timber production line

зависит от качества сырья, типоразмеров готовой продукции и параметров оборудования. Поэтому продолжительность технологических операций следует рассматривать как некоторую случайную величину со своим законом распределения. При таких условиях технологическое оборудование лесопильного цеха не может работать в каком-либо едином ритме. При переменном ритме одни агрегаты влияют на другие. Это приводит к тому, что подача сырья к технологическим агрегатам происходит не через постоянные интервалы времени, а с некоторым отклонением их от средних значений [3].

Таким образом, характерной особенностью процессов деревообработки является постоянно проявляющееся воздействие различных случайных факторов. Поэтому для более полного изучения основных закономерностей функционирования производственного процесса лесопильного цеха необходимо рассматривать этот процесс как разновидность случайного процесса [4].

### Метод проведения исследований

Производственный процесс в лесопильном цехе обладает свойствами вероятностных процессов. Среди множества различных типов случайных процессов особое значение для математического моделирования производственных систем имеют марковские процессы с непрерывным временем [4].

Структурный анализ технологических схем лесопильного производства показывает, что оно по структуре может быть представлено как система массового обслуживания (СМО) [5]. На вход такой системы поступает поток пиловочного сырья, а на выходе образуется поток пиломатериалов. При этом отдельные технологические операции процесса образуют фазы СМО, что позволяет рассматривать лесопильное производство как многофазную СМО. В свою очередь, каждая фаза также представляет СМО с ожиданием.

Производственный процесс как процесс массового обслуживания характеризуется такими основными показателями:

- интенсивность входящего потока объектов труда;
- интенсивность обслуживания (производительность системы или агрегата);
- загрузка системы или агрегата;
- распределение времени обслуживания объектов труда;
- среднее число объектов труда, находящихся в системе;
- распределение времени между двумя последовательными поступлениями объектов труда;
- распределение времени пребывания объекта труда в системе или в очереди на обслуживание;

Структурная схема поточной линии как многофазной СМО представлена на рис. 1.

Источником требований является участок сортировки. Первой фазой обслуживания является окорка бревен. Вторая фаза – распиловка бревен. Третья фаза – распиловка брусьев. Четвертая фаза – обрезка досок. Математическое описание участков технологического процесса поточной линии производства пилопродукции представлено следующим образом.

*Участок окорки бревен.* Установлено, что входящий поток сортиментов представляет собой случайный процесс, обладающий свойствами: ординарность, стационарность, ограниченность последствия. Для моделирования стационарного потока с ограниченным последствием был принят поток Эрланга. Пусть  $t_1, t_2, \dots$  есть последовательные моменты поступления бревен в окорочный станок. Величина  $t_0$  есть начальный момент времени.

Обозначим промежутки времени между моментами поступления двух смежных бревен через

$$z_i = t_i - t_{i-1}, i = 1, 2, \dots \quad (1)$$

Для математического описания стационарного потока с ограниченным последствием рассмотрим функцию  $\phi_0(t)$ . А.Я. Хинчиным доказана теорема [6], согласно которой функция распределения случайных величин  $z_i, i = 1, 2, \dots$  имеет вид

$$F_1(t) = \lambda_1 \int_0^t \phi_0(u) du, \quad (2)$$

$$F_i(t) = 1 - \phi_0(t), i \geq 2, \quad (3)$$

где  $\lambda_i$  – интенсивность потока сортиментов.

Так как вероятность поступления требований в окорочный станок за время  $(0, \infty)$  равна единице, то из (2) получим

$$F_1(\infty) = \lambda_1 \int_0^{\infty} \phi_0(u) du = 1, \quad (4)$$

откуда с учетом (3)

$$\lambda_1 = \frac{1}{\int_0^{\infty} (1 - F_i(t)) dt}; \quad i \geq 2. \quad (5)$$

Интеграл, стоящий в знаменателе (5), представляет собой математическое ожидание случайной величины  $z_i (i = 2, 3, \dots)$ , т.е.

$$Mz_B = \int_0^{\infty} (1 - F_i(t)) dt = \frac{1}{u_1} ML + M\tau.$$

откуда согласно (5) интенсивность потока сортиментов

$$\lambda_1 = \frac{u_1}{ML + u_1 M\tau_B},$$

где  $ML$  – математическое ожидание длины бревен, м;

$M\tau_B$  – математическое ожидание длительности межторцового разрыва, с;

$u_1$  – скорость подачи окорочного станка, м/с.

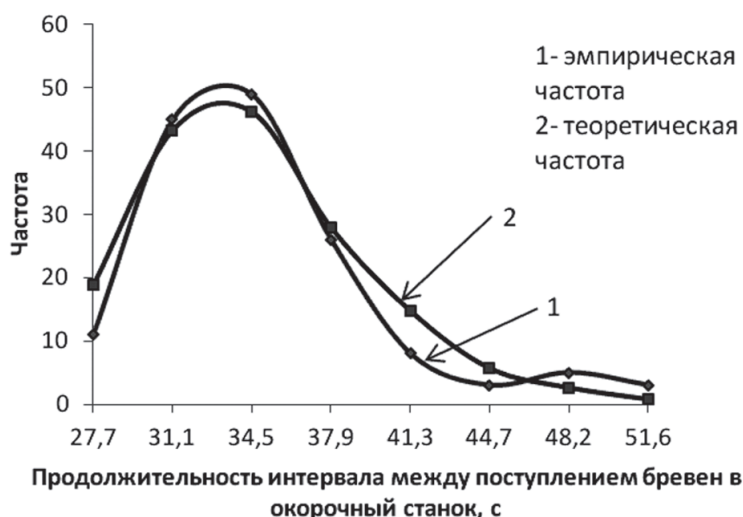


Рис. 2. Эмпирическая и теоретическая зависимости распределения длительности интервалов между поступлениями бревен диаметром 20 см в окорочный станок

Fig. 2. Empirical and theoretical distribution according to the length of the intervals between the arrivals of logs with a diameter of 20 cm in the debarker

Проведенное авторами экспериментальное исследование процесса окорки на Соломбальском ЛДК г. Архангельска подтвердило гипотезу о том, что входящий поток сортиментов может быть описан законом Эрланга порядка  $k_1 = 42$  и интенсивностью  $\lambda_1 = 0,03 \text{ с}^{-1}$  (рис. 2), плотность распределения которого

$$f_1(t) = \frac{k\lambda_1(k\lambda_1 t)^{k-1}}{(k-1)!} e^{-k\lambda_1 t}.$$

Для определения эффективности работы участка окорки необходимо знать закон распределения времени окорки бревен. Для решения этой задачи был использован метод, разработанный А.К. Эрлангом, согласно которому операция окорки отдельных бревен рассматривается как случайный марковский процесс, состоящий из ряда последовательно выполняемых этапов. При этом под этапом понимается элементарная стадия процесса окорки, длительность выполнения которой представляет собой непрерывную случайную величину.

Полагая, что для окорки отдельного бревна требуется выполнить  $k_3$  этапов процесса, поставим в соответствие каждому этапу состояние окорочного станка:  $e_1, e_2, \dots, e_k$ . СМО действует таким образом, что, как только обслуженное требование покинет ее, на вход станка может поступить новое требование, которое занимает этап 1 (станок переходит в состояние  $e_1$ ) и находится в нем случайное время  $\tau_1$ . После ухода из первого этапа требование поступает на этап 2 (станок переходит в состояние  $e_2$ ) и находится там случайное время  $\tau_2$  и т.д. После окончания  $k_3$ -го этапа требование покидает окорочный станок, а сам он переходит в состояние  $E_B$ , обусловленное межторцо-

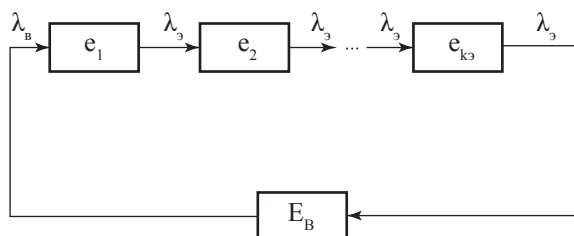


Рис. 3. Размеченный граф состояний окорочного станка при окорке отдельного бревна

Fig. 3. Labeled graph of the debarker states with individual log debarking

вым разрывом. Только после этого в станок может поступить новое требование и он вновь перейдет в состояние  $e_1$  (рис. 3).

Полагаем, что переход требования от одного этапа к следующему происходит под воздействием пуассоновского потока событий с интенсивностью  $\lambda_3$ . Тогда плотность распределения времени выполнения этапа окорки

$$f_i(t) = \lambda_3 e^{-\lambda_3 t}, \quad i = 1, 2, \dots, k_3. \quad (6)$$

Средняя длительность этапа окорки

$$\bar{\tau}_c = \lambda \int_0^{\infty} t e^{-\lambda_3 t} dt = \frac{1}{\lambda_3},$$

Полное время  $\tau_3$  окорки бревна равно сумме  $k_3$  случайных величин  $\tau_i$ , каждая из которых описывается распределением (6). Характеристическая функция (ХФ) случайной величины  $\tau_i$  имеет вид

$$\vartheta_i(v) = \int_0^{\infty} e^{jv t} f_i(t) dt = \int_0^{\infty} e^{jv t} \lambda_3 e^{-\lambda_3 t} dt = \frac{\lambda_3}{\lambda_3 - jv},$$

где  $j = \sqrt{-1}$  – мнимая единица;

$v$  – параметр ХФ.

ХФ суммы независимых случайных величин

$$\vartheta(v) = [\vartheta_i(v)]^k = \frac{\lambda_3^{k_3}}{(\lambda_3 - jv)^k}.$$

При обратном преобразовании найдем плотность вероятности длительности окорки бревна

$$f_3(t) = \lambda_3 \frac{(\lambda_3 t)^{k_3-1}}{\Gamma(k_3)} e^{-\lambda_3 t} = \lambda_3 \frac{(\lambda_3 t)^{k_3-1}}{(k_3-1)!} e^{-\lambda_3 t} = \mu_1 k_3 \frac{(\mu_1 k_3 t)^{k_3-1}}{(k_3-1)!} e^{-\mu_1 k_3 t},$$

где  $\Gamma(k_3)$  – гамма-функция;

$\mu_1 = \lambda_3/k_3$  – интенсивность обслуживания, равная среднему числу требований, обслуженных в единицу времени,  $\text{с}^{-1}$ .

**Участок распиловки бревен.** Рассматриваем накопитель, впередирамные тележки и лесопильную раму как элементы, образующие СМО. Емкость накопителя составляет  $m$  бревен. Установлено, что время обслуживания одного требования (распиловки бревна) является случайной величиной, распределенной по закону Эрланга с параметрами  $k_3$  и  $\mu_2$  [7–9]. В одноканальной СМО требование, поступившее в момент, когда канал занят,

становится в очередь и ожидает обслуживания при условии, что длина очереди в этот момент менее  $m$ .

Так как время распиловки бревен распределено по закону Эрланга, для такого случайного процесса не представляется возможным определить предельные вероятности состояний СМО по методике, которая применяется для марковских процессов. В связи с этим случайный процесс искусственно сведен к марковскому. Этот метод состоит во введении в граф реальных состояний СМО определенного числа фиктивных состояний – «псевдосостояний», превращающих немарковский случайный процесс в марковский. Определив вероятности реальных состояний, вычисляем характеристики эффективности СМО и проводим анализ работы участка: среднее число требований в системе и в очереди; пропускная способность системы; среднее время пребывания требования в системе (в очереди и на обслуживании) и в очереди; коэффициент загрузки системы; вероятность того, что поступившее требование приведет к переполнению накопителя.

*Участок распиловки брусьев.* Рассмотрим накопитель, роликовый конвейер-манипулятор и лесопильную раму как элементы, образующие СМО. Такая СМО относится к системам с ограниченной длиной очереди ожидающих обслуживания требований (брусьев). Установлено, что входящий в накопитель брусоперекладчика поток брусьев обладает свойствами ординарности, стационарности и ограниченным последствием (поток Эрланга). Его параметры зависят от средней длины и дисперсии длины бревен, скорости подачи лесопильной рамы первого ряда, продолжительности межторцового разрыва и не зависят от скорости и длины роликового конвейера, подающего брусья в накопитель брусоперекладчика.

Интенсивность  $\lambda_3$  входящего потока брусьев

$$\lambda_3 = \frac{u_2}{ML + u_2 M \tau_{B2}},$$

где  $u_2$  – скорость подачи лесопильной рамы первого ряда,

$M\tau_{B2}$  – математическое ожидание длительности межторцового разрыва на лесопильной раме первого ряда.

Из-за различной длины, а также кривизны распиливаемых брусьев продолжительность движения брусьев из накопителя и цикл работы конвейера-манипулятора не являются постоянными величинами, а носят случайный характер.

Установлено, что продолжительность перемещения бруса из накопителя до момента начала его распиловки на лесопильной раме распределена по логарифмически нормальному закону. Интенсивность потока брусьев

$$\lambda_3^* = \frac{u_2}{ML + u_2 M \tau_{B2}}.$$

Таким образом, входящий в лесопильную раму второго ряда поток брусьев имеет такие же параметры, что и входящий поток брусьев на участок распиловки и представляет собой поток Эрланга. Его параметры зависят от средней длины и дисперсии длины бревен, скорости подачи лесопильной рамы первого ряда, продолжительности межторцового разрыва на этой раме и не зависят от скорости конвейера – манипулятора, подающего брусья в лесопильную раму.

*Участок обрезки досок.* Будем рассматривать стол и обрезной станок как элементы, образующие каналы двухканальной СМО. Работа такой СМО характеризуется временем, которое затрачивается на обслуживание одной заявки (необрезной доски) [10].

Установлено, что интенсивность  $\lambda_4$  потока необрезных досок, поступающих от лесопильной рамы первого ряда (1-й канал СМО)

$$\lambda_4 = \frac{u_2}{ML + u_2 M \tau_{B2}} = \lambda_3.$$

Таким образом, входящий на участок окорки поток необрезных досок от лесопильной рамы первого ряда имеет такие же параметры, что и входящий поток брусьев на участок распиловки, и представляет собой поток Эрланга. Его параметры зависят от средней длины и дисперсии длины бревен, скорости подачи лесопильной рамы первого ряда, продолжительности межторцового разрыва на этой раме и не зависят от скорости конвейеров, по которым перемещаются необрезные доски.

Интенсивность  $\lambda_5$  потока необрезных досок, поступающих на стол к обрезному станку от лесопильной рамы второго ряда (2-й канал СМО), определяется следующим образом

$$\lambda_5 = \frac{2u_2}{ML + u_2 M \tau_{B2}}$$

Таким образом, входящий на участок окорки поток необрезных досок от лесопильной рамы второго ряда имеет удвоенную интенсивность по сравнению с интенсивностью входящего потока необрезных досок от лесопильной рамы первого ряда и также представляет собой поток Эрланга.

Интенсивность потока необрезных досок, выпиленных из бревна,

$$\lambda_4^* = \frac{u_4}{ML_{CP} + u_4 M \tau_{PVC}},$$

$M \tau_{PVC}$  – математическое ожидание продолжительности выполнения ручных операций на станке;

$u_4$  – скорость подачи обрезного станка,

$L_{CP}$  – средняя длина обрезной доски.

Таким образом, входящий в обрезной станок поток необрезных досок от лесопильной рамы первого ряда представляет собой поток Эрланга. Его параметры зависят от средней длины и дисперсии длины бревен, скорости подачи обрезного станка, продолжительности межторцового разрыва на этом станке и не зависят от скорости конвейеров, по которым перемещаются необрезные доски.

Общий поток необрезных досок к окорочному станку, поступающих от лесопильной рамы второго ряда, представляет собой сумму двух стационарных потоков необрезных досок, а поэтому также будет стационарным; его интенсивность определяется как сумма интенсивностей складываемых потоков

$$\lambda_5^* = \frac{2u_4}{ML_{CP} + u_4 M \tau_{PVC}}$$

Таким образом, входящий в обрезной станок поток необрезных досок от лесопильной рамы второго ряда имеет удвоенную интенсивность по сравнению с интенсивностью входящего потока необрезных досок от лесопильной рамы первого ряда и также представляет собой поток Эрланга.

## Выводы

В результате проведенных исследований установлено, что входящий поток сортиментов на всех фазах технологического процесса представляет собой случайный процесс, обладающий свойствами: ординарность, стационарность, ограниченность последствия. Для моделирования стационарного потока с ограниченным последствием наиболее адекватной математической моделью является поток Эрланга. Определены интенсивности входящих потоков и их зависимость от технологических параметров режимов работы оборудования и геометрических характеристик сортиментов.

Интервалы между поступлениями требований и продолжительность их обслуживания на всех фазах технологического процесса являются случайными величинами, поэтому они могут быть аппроксимированы с помощью распределения Эрланга.

## Библиографический список

1. Агеев, С.П. Моделирование групповых графиков нагрузки электрических сетей лесопильного производства / С.П. Агеев // ИВУЗ, Лесной журнал, 2002. – № 2. – С. 121–127.
2. Рыкунин, С.Н. Технология лесопильно-деревообрабатывающих производств: учеб. пособие для студентов / С.Н. Рыкунин, Ю.П. Тюкина, В.С. Шалаев. – М.: МГУЛ, 2003. – 225 с.
3. Агеев, С.П. Закономерности распределения длительности рабочих циклов лесопильных рам / С.П. Агеев // Известия СПб ЛТА. – Вып. 180. – 2007. – С. 203–208.
4. Вентцель, Е.С. Теория случайных процессов и ее инженерные приложения / Е.С. Вентцель, Л.А. Овчаров. – М.: Высшая школа, 2000. – 383 с.
5. Фергин, В.Р. Методика разработки статистической модели функционирования лесопильного производства / В.Р. Фергин // Сб. тр. МЛТИ. – Вып. 59. – 1973. – С. 58–65.
6. Хинчин, А.Я. Работы по математической теории массового обслуживания. – М.: Физматгиз, 2004. – 236 с.
7. Агеев, С.П. Стохастические закономерности операционных циклов лесопильных рам / С.П. Агеев // ИВУЗ, Лесной журнал. – 2014. – № 4. – С. 80–89.
8. Агеев, С.П. Математическое моделирование процессов распиловки древесины / С.П. Агеев // Известия СПбЛТА. – Вып 179. – СПб.: ЛТА, 2007. – С. 142–152.
9. Агеев, С.П. Математическая модель участка равной распиловки древесины / С.П. Агеев, В.И. Мелехов // Актуальные проблемы развития лесного комплекса: материалы Междунар. науч.- техн. конф., 9–11 дек. 2008. – Вологда, 2009. – С. 56–58.
10. Рыкунин, С.Н. К определению оптимальных размеров обрезных досок / С.Н. Рыкунин, В.С. Шалаев // Научн. тр. МЛТИ. – Вып. 170. – М., 1985. – С. 16–18.

## PROBABILISTIC MODELING OF TIMBER PRODUCTION

Ageev S.P., Assoc. Prof. NArFU, Dr. Sci. (Tech.); Melekhov V.I., Prof. NArFU, Dr. Sci. (Tech.); Rykunin S.N., Prof. MSFU, Dr. Sci. (Tech.)

doctor.mart11@mail.ru, rikunin@mgul.ac.ru

Northern (Arctic) Federal University of M.V. Lomonosov, 163002, Arkhangelsk, Severnaya Dvina Embankment, 17  
Moscow State Forest University (MSFU), 1st Institutskaya st., 1, 141005, Mytischki, Moscow reg., Russia

*The industrial process in a wood-sawing workshop has the features of random processes. Markov processes are of a special significance for the mathematical modeling of industrial systems among various types of random processes. The structural analysis of the industrial schemes of wood-sawing production has shown that it can be represented as a queuing system. The source material for this system is the sawlog flow, and the target product is a timber stream. The individual steps of the process form the phases of the queuing system, which allows to consider wood-sawing process as a multiphase system. Each phase in its turn also is a queuing system which includes waiting. It has been established that the incoming stream of logs at all phases of the process is a random process with special properties: ordinarity, stationarity, limited aftereffect. The most adequate mathematical model for modeling the stationary flow with limited aftereffect is the flow of Erlang. The intensity of the incoming streams and their dependence on technological parameters of equipment operating conditions and geometric characteristics of assortments has also been determined.*

*Key words: industrial process, random variable, probability distribution law, queuing system, the density distribution.*

### References

1. Ageev S.P. *Modelirovanie gruppovykh grafikov nagruzki elektricheskikh setey lesopil'nogo proizvodstva* [Modeling group load curves of electrical networks sawmill]. IVUZ, Forest zhurnal. 2002. № 2. pp 121-127.
2. Rykunin S.N., Tyukina Yu.P., Shalaev V.S. *Tekhnologiya lesopil'no-derevoobrabatyvayushchikh proizvodstv: ucheb. posobie dlya studentov* [Technology sawmill and woodworking industries: Proc. aid for students]. Moscow: MSFU, 2003. 225 p.
3. Ageev S.P. *Zakonomernosti raspredeleniya dlitel'nosti rabochikh tsiklov lesopil'nykh ram* [Patterns of distribution of cycle time log frames] Izvestiya SPb LTA. No. 180. 2007, pp 203-208.
4. Venttsel' E.S., Ovcharov L.A. *Teoriya sluchaynykh protsessov i ee inzhenernye prilozheniya* [The theory of stochastic processes and its engineering applications]. Moscow: High School, 2000. 383 p.
5. Fergin V.R. *Metodika razrabotki statisticheskoy modeli funktsionirovaniya lesopil'nogo proizvodstva* [Methods of development of the statistical model of functioning sawmill]. Coll. MLTI works, vol. 59. Moscow, 1973. pp. 58-65.
6. Khinchin A.Ya. *Raboty po matematicheskoy teorii massovogo obsluzhivaniya* [Work on the mathematical theory of queuing]. Moscow: Fizmatgiz, 2004. 236 p.
7. Ageev S.P. *Stokhasticheskie zakonomernosti operatsionnykh tsiklov lesopil'nykh ram* [Ageev Stochastic regularities operating cycles log frames]. IVUZ, Forest zhurnal. 2014. № 4. pp. 80-89.
8. Ageev S.P. *Matematicheskoe modelirovanie protsessov raspilovki drevesiny* [Mathematical modeling of wood cutting]. Proceedings of St. Petersburg LTA. No. 179. SPb.: LTA. 2007, pp. 142-152.
9. Ageev S.P., Melekhov V.I. *Matematicheskaya model' uchastka ravnoy raspilovki drevesiny* [A mathematical model of the equal sawing wood]. Actual problems of forest sector development: Proceedings of the international. Conf., 9-11 December. 2008 Vologda, 2009. pp 56-58.
10. Rykunin S.N., Shalaev V.S. *K opredeleniyu optimal'nykh razmerov obreznykh dosok* [To determine the optimum size of edging boards]. Vyp. 170, Moscow, 1985, pp. 16-18.