

## СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

УДК 630\*308, 630\*311, 630\*182.21

DOI: 10.18324/2077-5415-2017-2-88-93

### Влияние технологических и природных факторов на эффективность процесса лесозаготовок

Г.Д. Гаспарян<sup>a</sup>, И.А. Гарус<sup>b</sup>, Н.П. Плотников<sup>c</sup>

Братский государственный университет, ул. Макаренко 40, Братск, Россия

<sup>a</sup>garik.gasparian@yandex.ru, <sup>b</sup>ivan-garus@yandex.ru, <sup>c</sup>n-plotnikov@mail.ru

Статья поступила 2.03.2017, принята 10.04.2017

*Для оптимизации технологического процесса при выборочных рубках необходимо знать основные показатели и факторы, оказывающие на него наибольшее влияние. Выборочные рубки характеризуются периодическим изъятием из насаждений части деревьев определенного возраста, размера, качества или состояния. Одна из основных задач рационального обоснования технологического процесса разработки лесосек заключается в нахождении и сочетании управляемых факторов, при которых показатели эффективности были бы экстремальными. Наиболее подходящий вариант технологического освоения лесосеки предполагает оптимальную степень интенсивности рубки, планировки лесосеки, количества погрузочных пунктов, производительности лесозаготовительных машин. Данная задача технологического освоения лесосеки решается с учетом влияния лесозаготовительной техники и технологии на лесную среду. От применяемых систем машин на лесосечных работах зависит состояние древостоя, оставленного на доразивание после проведения выборочных рубок. При разработке лесосек наиболее важным фактором является степень интенсивности рубки. От способа рубки в данном случае будет зависеть качество выполненных лесосечных работ с точки зрения воздействия на природную среду, включая почвенный покров, оставленную часть древостоя и подрост.*

**Ключевые слова:** малонарушенные лесные территории; технологические и природные факторы; лесозаготовка; технологии лесозаготовок; экологические требования.

### Influence of technological and natural factors on the efficiency of logging process

G.D. Gasparyan<sup>a</sup>, I.A. Garus<sup>b</sup>, N.P. Plotnikov<sup>c</sup>

Bratsk State University; 40, Makarenko St., Bratsk, Russia

<sup>a</sup>garik.gasparian@yandex.ru, <sup>b</sup>ivan-garus@yandex.ru, <sup>c</sup>n-plotnikov@mail.ru

Received 2.03.2017, accepted 10.04.2017

*To optimize the technological process for selective felling, it is necessary to know the main indicators and factors that have the greatest impact on it. Selective felling is characterized by the periodic withdrawal from the plantations of a part of trees of a certain age, size, quality or condition. One of the main tasks of rationale for the technological process of logging sites development is to find and combine the controlled factors, at which the efficiency indicators would be extreme. The most suitable variant of the technological development of the cutting area assumes an optimum degree of intensity of cutting, planning of the cutting area, number of loading points, productivity of logging machines. This task of technological development of the cutting area is solved by taking into account the influence of logging equipment and technology on the forest environment. The state of the stand, left to grow after selective felling depends on the systems of machines applied in logging operations. In the development of cutting areas, the most important factor is the degree of intensity of logging. In this case the quality of logging operations performed in terms of impact on the natural environment, including soil cover, the left part of the stand and the undergrowth, will depend on the method of cutting.*

**Keywords:** poorly-managed forest areas; technological and natural factors; forest exploitation; logging technologies; environmental requirements.

#### Введение

При осуществлении технологического процесса в лесу на выполнение лесозаготовительных операций влияют, помимо степени подготовки оператора, таксационные показатели — средний диаметр, высота древостоя, запас на 1 га, наличие подроста, полнота древостоя, а также различные факторы, в том числе природ-

но-климатические — тип почвы, несущая способность грунтов, глубина снежного покрова [1; 2; 4]. В данных условиях исследуемая система сложна, и ее изучение путем прямого экспериментирования или аналитического решения затруднено, однако можно проследить поведение отдельных элементов системы. Исходя из

вышеизложенного, наиболее подходит метод имитационного моделирования.

Имитационное моделирование включает:

- описание поведения системы;
- построение теорий и гипотез, которые могут объяснить наблюдаемое поведение;
- использование этих теорий для предсказания будущего поведения системы.

При выполнении задач большого объема, которые включают ряд случайных величин, применение аналитического метода не только сложно, но и практически невозможно. Поэтому условия работы лесозаготови-

тельной техники подбираются экспериментально, и исследование ее работы выполняется с уточнением внешних факторов и оценок параметров [3; 5; 6].

При проведении эксперимента обычно используют статистические методы анализа, в данном случае применен корреляционно-регрессионный метод.

Для исследовательских работ выбраны наиболее характерные в условиях Иркутской области участки, грунтово-гидрологическая и почвенно-растительная характеристика которых максимально соответствует условиям работы леспромхозов и предприятий данного региона.

Таблица 1

Характеристика пробных участков лесосек Иркутской области

Место проведения наблюдений	Интенсивность рубки по количеству, %	Техника	Породный состав	Тип леса, класс бонитета	Возраст древостоя, лет	Средний объем хлыста	Запас древесины на 1 га, м <sup>3</sup>	Средняя высота древостоя, м	Полнота
Братское лесничество, Братская дача, выдел 38, квартал 48	35	БП+ТТ; ВМ+ТТ; ВПМ+ТТ; ВТМ;ВТПМ	4С2ЛЗБ1ОС	РТЗМ IV	150	0,34	220	19	0,8
Братское лесничество, Вихоревская дача, выдел 1, квартал 96	50	БП+БП+БП+Ф Х+Ф; ХФ	4Л2С4Б	РТ III	160	0,37	110	20	0,7
Братское лесничество, Кузнецовская дача, выдел 8, квартал 1	50	БП+БП+БП+Ф Х+Ф	5Е1Л4Б	РТ III	140	0,42	125	21	0,7
Братское лесничество, Левобережная дача, выдел 9, квартал 4	30	БП+БП+БП+Ф Х+Ф	8С2Л	БРРТ III	190	0,44	240	23	0,7
Братское лесничество, Левобережная дача, выдел 18, квартал 4	40	Х+Ф	7Б2С1Б	РТЗМ III	130	0,62	280	19	0,7

Для проведения экспериментального исследования было выбрано Братское лесничество. Исследования проводились в течение 2014–2016 гг.

Для сравнения эффективности проведения выборочных рубок по различным технологиям (хлыстовая, сортиментная) использовались следующие технические средства:

- бензиномоторная пила (БП);
- трелевочный трактор с канатно-чокерным оборудованием (ТТ);
- машина для очистки деревьев от сучьев (МОС);
- челюстной лесопогрузчик перекидного типа (ЧЛП) и многооперационные машины — для валки, очистки деревьев от сучьев и раскряжевки (ВСПМ) и сортиментоподборщик (СП).

Проводимые эксперименты носили пассивный характер. Такого рода эксперименты достаточны для определения параметров уравнения лесозаготовительного процесса [8–10; 12; 14].

Для выявления более точной и достоверной информации о выполнении технологического процесса технологический цикл работы захватно-сучкорезно-раскряжевочного устройства (ЗСРУ) трактора разделялся на следующие показатели:

- время набора пачки ( $t_1$ );
- время на передвижение с пачкой ( $t_2$ );
- время на разгрузку пачки ( $t_3$ );
- время на передвижение холостого хода трелевочного трактора ( $t_4$ ).

Технологический цикл работы ВСПМ разделялся на следующие показатели:

- время наведения ЗСРУ;
- наведение ЗСРУ на дерево ( $t_{11}$ );
- время на спил дерева ( $t_{22}$ );
- время на укладку и подтаскивание срубленного дерева ( $t_{33}$ );
- время протаскивания дерева через ЗСРУ ( $t_{44}$ );
- время движения на следующую стоянку ( $t_{55}$ ).

Помимо этого фиксировались:

- длина дерева ( $L$ );
- длина бессучковой зоны ( $J$ );
- диаметр с места спила ( $d_{очн}$ );
- расстояние между стоянками ( $S$ ).

Технологический цикл работы СП разбивался на следующие показатели:

- время на передвижение холостого хода ( $t_1$ );
- время рабочего хода ( $t_2$ );
- время на полную загрузку коников ( $t_3$ );
- время на разгрузку коников ( $t_4$ ).

При хлыстовой лесозаготовке измерялись объемы хлыста и трелюемой пачки, при сортиментной — объем трелюемой пачки.

При работе лесозаготовительной техники (ТТ и СП) измерялся объем трелюемой пачки.

**Результаты и анализ экспериментальных данных.**

На основании оценки значимости природных и технологических факторов выведено уравнение, описывающее производительность технологического процесса лесозаготовок при выборочных рубках в малонарушенных лесных территориях. Формула производительности имеет следующий вид (1):

$$\begin{aligned}
 m(T_{общ}) = & \frac{S_{л} \cdot n^{y\delta I}}{m(\Pi_{см}^{y\delta})} + \frac{S_{л} k_I^{o\delta I}}{m(\Pi_{см}^{o\delta})} + \frac{Q_B^I}{m(\Pi_{см}^{БП})} + \frac{Q_B^I}{m(\Pi_{см}^{ТТ})} + \\
 & + \frac{Q_B^I}{m(\Pi_{см}^{СМ})} + \frac{Q_B^I}{m(\Pi_{см}^{РМ})} + \frac{Q_B^I}{m(\Pi_{см}^{СРМ})} + \frac{Q_B^I}{m(\Pi_{см.рас}^{БП})} + \\
 & + \frac{Q_B^I}{m(\Pi_{см}^{II})} + \frac{Q_B^I}{m\left(\frac{[T_{см} - T_{нз}] \cdot 3600 \cdot V_{x}^{кр.1}}{t_1^I + t_2^I + t_3^I + t_4^I + t_5^I}\right)} + \\
 & + \frac{Q_B^I}{m(\Pi_{см}^B)} + \frac{Q_B^I}{m(\Pi_{см.нн}^{cmp})} + \frac{S_{nn} \cdot n_{nn}^I}{m(\Pi_{см.нн}^{cmp})} + \\
 & m\left(\frac{[T_{см} - T_{нз}] \cdot 3600 \cdot M_n^I \cdot \varphi}{\left[\frac{l_{cp}^{px}}{V_{px}} + \frac{l_{cp}^{xx}}{V_{xx}} + t_3^I + t_4^I\right]}\right) + \\
 & + \frac{S_{л} \cdot n_1^I}{m(\Pi_{см.м}^{ол})} + \frac{S_{л} \cdot n_1^I}{m(\Pi_{см}^{y\delta})} + \frac{S_{л} \cdot n_1^{o\delta II}}{m(\Pi_{см}^{o\delta})} + \frac{Q_B^{II}}{m(\Pi_{см}^{БП})} + \frac{Q_B^{II}}{m(\Pi_{см}^{ТТ})} + \\
 & + \frac{Q_B^{II}}{m(\Pi_{см}^{СМ})} + \frac{Q_B^{II}}{m(\Pi_{см}^{РМ})} + \frac{Q_B^{II}}{m(\Pi_{см}^{СРМ})} + \frac{Q_B^{II}}{m(\Pi_{см.рас}^{БП})} + \\
 & + \frac{Q_B^{II}}{m(\Pi_{см}^{II})} + \frac{Q_B^{II}}{m\left(\frac{[T_{см} - T_{нз}] \cdot 3600 \cdot V_x^{II}}{t_1^{II} + t_2^{II} + t_3^{II} + t_4^{II} + t_5^{II}}\right)} + \\
 & + \frac{Q_B^{II}}{m(\Pi_{см}^B)} + \frac{Q_B^{II}}{m(\Pi_{см.нн}^{cmp})} + \frac{S_{nn} \cdot n_{nn}^{II}}{m(\Pi_{см.нн}^{cmp})} + \\
 & m\left(\frac{[T_{см} - T_{нз}] \cdot 3600 \cdot M_n^{II} \cdot \varphi}{\left[\frac{l_{cp}^{px}}{V_{px}} + \frac{l_{cp}^{xx}}{V_{xx}} + t_3^{II} + t_4^{II}\right]}\right) + \\
 & + \frac{S_{л} \cdot k_I^{II}}{m(\Pi_{см.р}^{ол})} + \frac{S_{л} \cdot k_I^{II}}{m(\Pi_{см.м}^{ол})} + \frac{S_{л} \cdot k_I^{II}}{m(\Pi_{см}^{y\delta})} + \frac{S_{л} \cdot k_I^{II}}{m(\Pi_{см}^{o\delta})} + \frac{Q_B^{III}}{m(\Pi_{см}^{БП})} + \\
 & + \frac{Q_B^{III}}{m(\Pi_{см}^{BT})} + \frac{Q_B^{III}}{m(\Pi_{см}^{СМ})} + \frac{Q_B^{III}}{m(\Pi_{см}^{РМ})} + \frac{Q_B^{III}}{m(\Pi_{см}^{СРМ})} + \\
 & + \frac{Q_B^{III}}{m(\Pi_{см.рас}^{БП})} + \frac{Q_B^{III}}{m(\Pi_{см}^{II})} + \frac{Q_B^{III}}{m\left(\frac{[T_{см} - T_{нз}] \cdot 3600 \cdot V_x^{III}}{t_1^{III} + t_2^{III} + t_3^{III} + t_4^{III} + t_5^{III}}\right)} + \\
 & + \frac{Q_B^{III}}{m(\Pi_{см}^B)} + \frac{Q_B^{III}}{m(\Pi_{см.нн}^{cmp})} + \frac{S_{nn} \cdot n_{nn}^{III}}{m(\Pi_{см.нн}^{cmp})} + \\
 & m\left(\frac{[T_{см} - T_{нз}] \cdot 3600 \cdot M_n^{III} \cdot \varphi}{\left[\frac{l_{cp}^{px}}{V_{px}} + \frac{l_{cp}^{xx}}{V_{xx}} + t_3^{III} + t_4^{III}\right]}\right) + \\
 & + \frac{Q_B^{III}}{m(\Pi_{см}^B)} + \frac{S_{nn} \cdot n_{nn}^{III}}{m(\Pi_{см.нн}^{cmp})} + \frac{S_{л} \cdot k_I^{III}}{m(\Pi_{см.р}^{ол})} + \frac{S_{л} \cdot k_I^{III}}{m(\Pi_{см.м}^{ол})}
 \end{aligned} \tag{1}$$

где  $S_{л}$  — площадь лесосеки, га;  $n^{y\delta I}$ ,  $n^{y\delta II}$ ,  $n^{y\delta III}$  — количество аварийных деревьев, которые нужно срубить перед проведением выборочных рубок I-го, II-го,

III-го приема,  $шт.$ ;  $S_{nn}$  — площадь погрузочных пунктов,  $м^2$ ;  $n_{nn}^I, n_{nn}^{II}, n_{nn}^{III}$  — количество погрузочных площадок в I-й, II-й, III-й прием выборочной рубки,  $шт.$ ;  $k_I^{od}$  — коэффициент, учитывающий степень интенсивность рубки при отводе деревьев в рубку;  $t_4$  — время на разгрузку коников,  $с$ ;  $k_I^I, k_I^{II}, k_I^{III}$  — коэффициент, учитывающий интенсивность рубки при очистке лесосек, где запас древесины, вырубается в первый и последующие приемы, будет:

$$m(\Pi_{см}^{БП}), m(\Pi_{см}^{ТТ}), m(\Pi_{см}^{СМ}), m(\Pi_{см}^{РМ}), m(\Pi_{см}^{СРМ}),$$

$m(\Pi_{см}^{БП}), m(\Pi_{см}^{П}), m(\Pi_{см}^B)$  — математическое ожидание сменной производительности бензопилы на валке, трелевочного трактора, сучкорезной машины, раскряжевочной машины, сучкорезно-раскряжевочной машины, бензопилы на раскряжевке, на погрузке,  $м^3/см$ ;

$m(\Pi_{см}^{od})$  — математическое ожидание сменной производительности на уборке опасных деревьев,  $шт./см$ ;

$m(\Pi_{см.p}^{cod}), m(\Pi_{см.м}^{cod})$  — математическое ожидание сменной производительности на очистке лесосек ручным и машинным способом,  $га/см$ ;

$V_x^{cpI}, V_x^{cpII}, V_x^{cpIII}$  — средний объем вырубемых сортиментов при проведении I-го, II-го, III-го приемов рубки,  $м^3$ ;

$t_1^I, t_1^{II}, t_1^{III}$  — время наведения ЗСРУ на дерево при I-м, II-м, III-м приемах выборочных рубок,  $с$ ;

$t_2^I, t_2^{II}, t_2^{III}$  — время срезания дерева ЗСРУ при I-м, II-м, III-м приемах рубок,  $с$ ;

$t_3^I, t_3^{II}, t_3^{III}$  — время укладки в горизонтальное положение дерева при проведении I-го, II-го, III-го приемов выборочных рубок,  $с$ ;

$t_4^I, t_4^{II}, t_4^{III}$  — время протаскивания дерева через ЗСРУ,  $с$ ;

$t_5^I, t_5^{II}, t_5^{III}$  — время на проезды между стоянками ВСРМ при I-м, II-м, III-м приемах выборочных рубок,  $с$ ;

$M_n^I, M_n^{II}, M_n^{III}$  — объемы трелеваемых сортиментов при I-м, II-м, III-м приемах выборочных рубок,  $м^3$ ;

$\phi$  — коэффициент использования рабочего времени (0,8);  $l_{cp}^{px}, l_{cp}^{xx}$  — среднее расстояние рабочего холостого хода СП,  $м$ ;  $V_{px}, V_{xx}$  — скорость СП в рабочем и холостом направлениях,  $м/с$ ;  $t_3$  — время полной загрузки коников.

Таблица 2

Проверка на нормальное распределение по критерию Колмогорова–Смирнова

Переменные	1			2			3			4			5		
	$\sqrt{n} \cdot D_n$	$t_k$	Уровень значимости	$\sqrt{n} \cdot D_n$	$t_k$	Уровень значимости	$\sqrt{n} \cdot D_n$	$t_k$	Уровень значимости	$\sqrt{n} \cdot D_n$	$t_k$	Уровень значимости	$\sqrt{n} \cdot D_n$	$t_k$	Уровень значимости
ВСРМ															
Средний объем хлыста, $V_x$	1,0424	$1,3$	0,23	0,9241	$1,3$	0,36	0,8046	$1,3$	0,54	1,0446	$1,3$	0,23	–	–	–
Время цикла обработки одного дерева, $T$	0,871	$1,3$	0,43	0,978	$1,3$	0,29	0,897	$1,3$	0,4	0,806	$1,3$	0,53	–	–	–
Производительность, $\Pi_{ч}$	0,8027	$1,3$	0,54	0,8404	$1,3$	0,48	0,9062	$1,3$	0,38	1,1231	$1,3$	0,16	–	–	–
Длина хлыста, $L$	–	–	–	–	–	–	–	–	–	0,8709	$1,3$	0,43	–	–	–
Длина сучковой зоны, $l$	–	–	–	–	–	–	–	–	–	0,9156	$1,3$	0,37	–	–	–
Сортиментоподборщик															
Скорость холостого хода, $V_{xx}$	0,7686	$1,3$	0,6	0,863	$1,3$	0,45	0,5843	$1,3$	0,88	0,7171	$1,3$	0,68	–	–	–
Скорость рабочего хода, $V_{px}$	0,8668	$1,3$	0,44	0,5376	$1,3$	0,93	0,7909	$1,3$	0,56	0,9648	$1,3$	0,31	–	–	–
Объем трелевочной пачки, $M_n$	0,5579	$1,3$	0,91	0,6797	$1,3$	0,74	0,7101	$1,3$	0,69	0,7834	$1,3$	0,57	–	–	–
Время загрузки коников, $t_3$	0,7491	$1,3$	0,63	1,0924	$1,3$	0,18	0,677	$1,3$	0,75	0,4327	$1,3$	0,99	–	–	–

Переменные	1			2			3			4			5		
	$\sqrt{n} \cdot D_n$	$t_k$	Уровень значимости	$\sqrt{n} \cdot D_n$	$t_k$	Уровень значимости	$\sqrt{n} \cdot D_n$	$t_k$	Уровень значимости	$\sqrt{n} \cdot D_n$	$t_k$	Уровень значимости	$\sqrt{n} \cdot D_n$	$t_k$	Уровень значимости
Время разгрузки, $t_4$	0,9591	1,3	0,32	0,5896	1,3	0,88	0,5005	1,3	0,96	0,5651	1,3	0,91	–	–	–
Среднее время трелевки, $t$	0,6808	1,3	0,74	0,7833	1,3	0,57	1,0815	1,3	0,19	0,691	1,3	0,73	–	–	–
Время цикла, $T$	0,6014	1,3	0,86	0,5203	1,3	0,95	0,546	1,3	0,93	0,8184	1,3	0,51	–	–	–
Производительность, $П_q$	0,858	1,3	0,45	0,514	1,3	0,95	0,650	1,3	0,79	0,793	1,3	0,55	–	–	–
Гусеничный трелевочный трактор															
Время набора пачки, $t_1$	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	0,616	1,3	0,84
Время на разгрузку, $t_2$	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	0,701	1,3	0,71
Время цикла, $T$	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	0,5742	1,3	0,89
Производительность, $П_q$	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	0,3366	1,3	1,0
Скорость холостого хода, $V_{xx}$	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	0,7546	1,3	0,62
Скорость рабочего хода, $V_{px}$	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	0,7016	1,3	0,71
Объем трелевочной пачки, $M_n$	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	0,5696	1,3	0,9

При выполнении данного исследования учитывались общее количество и средний размер (диаметр, длина) хлыстов (сортиментов) в пачке.

Для учета скорости времени цикла лесозаготовительной техники в рабочем и холостом направлениях закладывались пробные площади 50x50 м, и полученные данные переводились на 1 га.

Хронометражные наблюдения за лесозаготовительной техникой выполнялись секундомером

В выбранных районах с целью выявления действий выборочных рубок на последующее развитие лесонасаждений, процента поврежденных деревьев на лесосеке произведена таксация деревьев до и после рубки.

На всех пробных площадях технологические операции выполнялись многооперационными машинами для сортиментной заготовки. Ширина пачки составила 20 м, ширина волока — 4 м. Перед проведением выборочной рубки маркировка и отбор деревьев не проводились. Оператор лесозаготовительной техники самостоятельно определял спелые, перестойные, сухостойные деревья, предназначенные в рубку [15; 16; 19; 20].

На первой пробе в рубку отводились практически все породы. На пробных площадях № 2 и 3 в рубку отводились преимущественно лиственные породы (осина, береза). На пробных площадях № 4 и 5 проводилась рубка хвойных пород.

Измерительная таксация деревьев проводилась на пробных площадях размером (50x50 м) с измерением ступени толщины при помощи мерной вилки. Высота деревьев измерялась у каждой ступени толщины с по-

мощью высотомера Блюме–Лейсса. Полученные результаты пересчета обрабатывались по общепринятым методикам и переводились на 1 га. Кроме этого определялся характер поврежденности стволов оставшихся деревьев, была выявлена общая площадь пересчета [2]. До проведения выборочных рубок и сразу после них проводилась таксация площади.

Исследуемые процессы носят стохастический характер, поэтому в данном случае речь идет о математическом ожидании измеряемых величин, для чего необходимо знать их законы распределения.

Статистический анализ и обработка данных выполнены на ПК в универсальном пакете STATISTICA. Для установления законов распределений измеряемых величин использовался критерий Колмогорова–Смирнова, основанный на следующей статистике (табл. 2):

$$D_n = \max |F_n \cdot (x) - F \cdot (x)|, \quad (2)$$

равной максимальному значению модуля разности между эмпирической функцией распределения  $F_n(x)$ , построенной по данной выборке объема, и теоретической функцией распределения  $F(x)$ . Как доказано А.Н. Колмогоровым, при неограниченном возрастании  $n$  случайная величина  $\sqrt{n} \cdot D_n$  имеет следующий закон распределения:

$$P\left(\sqrt{nD_n(t)} \rightarrow k(t) = \sum_{i=-\infty}^{+\infty} (-1)^i e^{-2i^2 t^2}, t > 0\right). \quad (3)$$

По данному уровню значимости  $\alpha$  из таблицы функции  $k(t)$  определяется значение  $t = t_{кр}$ , для которого  $k(t) = 1 - \alpha$ . Если  $\sqrt{n \cdot D_n} < t_{кр}$  — опытные данные согласуются с гипотезой о том, что генеральная совокупность имеет функцию распределения  $F(x)$ , и гипотезу принимают. В работе проверялась гипотеза о том, что переменные распределены по нормальному закону.

Проверка гипотезы ввиду небольшого объема выборки осуществлялась по критерию Колмогорова–Смирнова. Исходя из вышесказанного, необходимо сделать вывод о том, что измеряемые показатели подчиняются закону нормального распределения, что не противоречит нашим предположениям и литературным источникам.

### Выводы

Для проведения исследования были заложены пробные площади для анализа технологических и природных факторов. На основании оценки значимости природных и технологических факторов выведено уравнение, описывающее производительность технологического процесса лесозаготовок при выборочных рубках на малонарушенных лесных территориях. Статистический анализ и обработка данных выполнялись на ПК в универсальном пакете STATISTICA, для установления законов распределений измеряемых величин использовался критерий Колмогорова–Смирнова. Исследования показали, что измеряемые показатели подчиняются закону нормального распределения, что не противоречит нашим предположениям и литературным источникам.

### Литература

1. Гребенюк А.Л. Выделение лесов высокой природоохранной ценности в эксплуатационных лесах Среднего Приангарья // Естественные и инженерные науки комплекса Иркутской области: материалы межрегион. науч.-техн. конф. Братск, БрГУ, 2008. 241 с.
2. Лесотаксационный справочник для южно-таёжных лесов средней Сибири /сост. С.Л. Шевелев. Пушкино: ВНИИЛМ, 2002. 166 с.
3. Гребенюк А.Л., Рунова Е.М. Лесоводственные и экологические аспекты выделения лесов высокой природоохранной ценности в эксплуатационных лесах Приангарья // Вестн. КрасГАУ. 2009. № 2 (28). С. 37-42
4. Ведерников И.Б., Рунова Е.М., Гребенюк А.Л. Обоснование принципов выделения экологических коридоров в лесах Приангарья // Вестн. КрасГАУ. 2009. № 11 (38). С. 83-87.
5. Гребенюк А.Л. Экологическое картографирование биологических ресурсов // Труды Братского государственного университета. Сер. Естественные и инженерные науки. 2011. Т. 1. С. 125.
6. Гребенюк А.Л., Рунова Е.М. Воспроизводство лесов на базе критериев устойчивого лесопользования. Актуальные проблемы лесного комплекса // Сб. науч. тр. по итогам междунар. науч.-технической конф. Брянск, 2006. Вып.15. С. 134.
7. Гребенюк А.Л., Сухих А.Н. Методы выявления элементов биологического разнообразия и ключевых биотопов в эксплуатационных лесах Иркутской Области // Перспективы

развития лесного комплекса Иркутской области: материалы междунар. науч.-практической конф. Братск, 2007. С. 140.

8. Чжан С.А., Пузанова О.А., Гребенюк А.Л. Зонирование лесных экосистем, подверженных воздействию промышленных выбросов // Системы. Методы. Технологии. 2014. №1 (21). С. 153-157.

9. Гребенюк А.Л. Параметры выделения экологически значимых эксплуатационных лесов // Естественные и инженерные науки – развитию регионов Сибири: материалы XII (XXXIV) Всерос. науч.-технической конф. Братск, 2013. С. 191.

10. Гребенюк А.Л., Гарус И.А. Проблема доступности лесных ресурсов // Актуальные проблемы лесного комплекса // Сб. науч. тр. по итогам междунар. науч.-технической конф. Брянск, 2014. Вып. 39. 147 с.

11. Гребенюк А.Л. Разработка эколого- лесоводственных мероприятий эксплуатационных лесов на базе приоритетно-целевых региональных комплексов // Актуальные проблемы лесного комплекса // Сб. науч. тр. по итогам междунар. науч.-технической конф. Брянск, 2012. Вып. 31. 215 с.

12. Гребенюк А.Л. Использование ГИС- технологий в анализе лесного фонда // Труды Братского государственного университета. Сер. Естественные и инженерные науки. 2014. Т. 1. С. 357-361.

13. Гребенюк А.Л. Социально-экономические проблемы внедрения добровольной лесной сертификации в условиях Восточной Сибири // Актуальные проблемы лесного комплекса: сб. науч. тр. по итогам междунар. науч.-технической конф. Брянск, 2014. Вып. 10 С. 171-173.

14. Aksenov D., Dobrynin D., Dubinin M. Atlas of Russia's Intact Forest Landscapes. Moscow: International Socio-Ecological Union; Washington DC: World Resources Institute, 2002. 186 p.

15. Olson D.M., Dinerstein E. 1998. The Global 200: A representation approach to conserving the Earth's most biologically valuable ecoregions // Conservation Biology 1998. № 12. P. 502–515.

16. Baillie J.E.M., Hilton-Taylor C., Stuart S.N. Red List of Threatened Species. A Global Species Assessment. Gland and Cambridge: IUCN, 2004. 217 p.

17. Novicki P., Bennet G., Middleton D., Rientjes S., Walters R. Perspectives on ecological networks // ECNC publications series on Man and Nature. 1996. Vol. 1.

18. Miller D.H. Sourcebook on the Environment: A Guide to the Literature. Chicago, IL: University of Chicago Press, 1978. P. 63-88.

19. Jaeger J.A.G. Landscape division, splitting index, and effective mesh size: new measures of landscape fragmentation // Landscape Ecology. 2000. Vol. 15. P. 115-130.

### References

1. Grebenyuk A.L. The Allocation of forests of high environmental value in industrial forests of the middle Angara region // Estestvennye i inzhenernye nauki kompleksa Irkutskoi oblasti: materialy mezhtregion. nauch.-tekh. konf. Bratsk, BrGU, 2008. 241 p.
2. Forest taxation guide for south-taiga forests of Middle Siberia /sost. S.L. Shevelev. Pushkino: VNIILM, 2002. 166 p.
3. Grebenyuk A.L., Runova E.M. Forestry and Ecological Aspects of Selecting Forests of the High Nature Security Value in the Operating Forests in Priangariye // The Bulletin of KrasGAU. 2009. № 2 (28). P. 37-42.
4. Vedernikov I.B., Runova E.M., Grebenyuk A.L. Substantiation for Allocation Principles of Ecological Corridors in Angara Region Forests // The Bulletin of KrasGAU. 2009. № 11 (38). P. 83-87.
5. Grebenyuk A.L. Ecological mapping of biological resources // Trudy Bratskogo gosudarstvennogo universiteta. Ser. Estestvennye i inzhenernye nauki. 2011. T. 1. P. 125.
6. Grebenyuk A.L., Runova E.M. Reproduction of forests on the basis of criteria of sustainable forest management // Sb. nauch. tr. po itogam mezhdunar. nauch.-tekhicheskoi konf. Bryansk, 2006. Vyp.15. P. 134.