

ВЛИЯНИЕ ПРОСТРАНСТВЕННОГО РАЗМЕЩЕНИЯ ДЕРЕВЬЕВ НА ПЛАНТАЦИЯХ НА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ ВЫБОРОЧНЫХ РУБОК

Ю.А. Ширнин✉, А.Ю. Ширнин

ФГБОУ ВО «Поволжский государственный технологический университет», 424000, Республика Марий Эл,
г. Йошкар-Ола, пл. Ленина, д. 3

ShirninYA@volgatech.net

Изложен анализ пространственного размещения посадочного материала в разных регионах при плантационном лесовыращивании в разрезе геометрических параметров древостоя. Предложена схема выращивания и заготовки лесоматериалов на плантациях. Выявлены параметры древостоя, влияющие на безущербную выборочную рубку оставляемых на дорастивание особей. Обоснована возможность использования лесозаготовительных машин в существующих форматах плантационных насаждений. Сформулированы требования к результатам каждого этапа лесовыращивания. Приведены методика и расчеты средних линейных и угловых параметров выборочной валки деревьев. Предложен запатентованный способ выборочных рубок и рубок ухода за лесом машинами на возобновленных искусственным путем лесных площадях.

Ключевые слова: лесная плантация, пространственное размещение деревьев, ущерб оставляемым на дорастивание деревьям, лесосечные машины, схемы валки деревьев, способ выборочных рубок ухода за лесом машинами

Ссылка для цитирования: Ширнин Ю.А., Ширнин А.Ю. Влияние пространственного размещения деревьев на плантациях на технологические параметры выборочных рубок // Лесной вестник / Forestry Bulletin, 2022. Т. 26. № 5. С. 83–92. DOI: 10.18698/2542-1468-2022-5-83-92

Результаты работы лесозаготовительных машин зависят от многих факторов. Однако для установления норм выработки многие фирмы — изготовители машин рекомендуют только два, безусловно значимых, параметра: средний объем ствола дерева и запас леса на 1 га площади лесосеки. Некоторые фирмы дают рекомендации по снижению норм выработки при проведении выборочных рубок разной интенсивности. Рассмотрим проблему оценки влияния пространственного размещения деревьев на технологию выборочных рубок на лесных плантациях.

Объект исследования

Учеными проведены исследования степени влияния на результаты функционирования машин формы размещения деревьев по площади лесосеки. Так, в работе [1] рассматривается равномерное (случайное) размещение деревьев по площади лесосеки и на этом основании предлагаются математические модели [1, 2], описывающие динамику таксационных показателей для расчета параметров лесозаготовок. При этом было учтено изменение численности деревьев на единицу площади с изменением возраста древостоев естественного происхождения. Авторы работы [3] изучили вопрос доступности деревьев на плантациях при машинной валке выборочным способом с учетом длины вылета манипулятора.

При искусственном лесовосстановлении есть возможность упорядочить размещение саженцев или семян на площади и таким образом создать условия для повышения эффективности работы лесозаготовительных машин. Искусственное лесовыращивание изначально предусматривает закладку рациональной технологии сбора лесного урожая, т. е. заготовку лесоматериалов. Растениеводство предполагает не только посадку, выращивание, но и сбор урожая. Однако в лесном хозяйстве все обстоит иначе.

Весьма разноречивые результаты изложены в публикациях, посвященных рациональному количеству саженцев, высаживаемых на плантациях на единицу площади. Так, по данным работы [4], в Финляндии рекомендуемая густота посадки в культурах сосны составляет 2 тыс. шт./га. На северо-западе России рекомендуется густота посадки не менее 3 тыс. шт./га.

Группа российских и финских ученых [5] рекомендует для северо-запада России густоту посадки сосны в тыс. шт./га для следующих групп типов леса: 5...6 (лишайниковая); 3,5...4,0 (брусничная); 4,0...4,5 (черничная); 3,0...4,0 (долгомошная). Расстояние между рядами культур сосны 3...4 м. При использовании двухрядных почвообрабатывающих орудий ширина узких междурядий может снижаться до 1,4...2,0 м.

В Италии при выращивании тополя для целлюлозно-бумажного производства применяют схему посадки 5–6, 6–6, 5–7 м [6].

Т а б л и ц а 1

Характеристики рассматриваемых вариантов посадки и средних параметров древостоев
Characteristics of considered planting options and average stand parameters

Вариант	Площадь питания одного дерева, м ²	Расстояние, м		Густота, шт./га	Средняя высота древостоев, м	Средний диаметр, см на высоте 1,3 м	Длина части ствола с кроной, м	Площадь проекции кроны на горизонтальную плоскость, м ²
		Между рядами	Между деревьями					
1	21,90	5,1	4,3	460	11	18	6,6	10
2	10,40	3,28	3,17	960	Нет данных			
3	3,70	3,14	1,18	2760	9	14	3,78	7
4	2,22	3,27	0,68	4500	Нет данных			
5	0,90	1,5	0,62	10750	Нет данных			
При 2-х рядном размещении культур								
6	2,36	1,2	0,55	3831	16,7	15,9	Нет данных	

Высказано мнение относительно регулирования численности древостоев искусственного происхождения [7]. Автор этой работы предлагает создать сосновые культуры с шагом посадки и шириной междурядий 1,5 м, а первый уход провести в возрасте 25–30 лет путем сплошной вырубki каждого 20-го ряда под технологические коридоры при равномерном изреживании по всей площади.

Двухрядное размещение культур и полосы междурядья (табл. 1) представлено в работах [8, 9]. Комментируя представленный материал, авторы утверждают, что результаты опытов свидетельствуют о необходимости проведения не только более раннего интенсивного изреживания загущенных лесных культур в борах Республики Марий Эл, но и повторения этого мероприятия спустя 10...15 лет. Целесообразнее же в этих условиях снижать исходную густоту культур до 3...5 тыс. шт./га. Обеспечить интенсивный прирост древесины и избежать нерентабельных рубок ухода в культурах сосны можно лишь при их исходной густоте менее 3 тыс. шт./га. В табл. 1 (варианты 1–5) представлена широкая палитра вариантов посадки культур на опытных объектах Татарской лесной опытной станции. Внимания заслуживают схемы посадки, в которых представлены размеры между рядами культур в пределах от 1,5 м до 5,1 м и между деревьями в рядах в пределах от 0,62 м до 4,3 м. Вариант 5 посадки не был опытным, поэтому логично предположить, что он носил в тот период массовый характер с заданной густотой посадки не менее 10 тыс. шт./га по схеме 1,5 м на 0,62 м.

Отметим, что исследователи не связывают формат посадки и численность саженцев, высаживаемых на плантациях на единицу площади, с технологией лесозаготовок при проведении необходимых приемов рубок для получения качественных лесоматериалов. Основным параме-

тром, влияющим на результативное выращивание культур, по мнению лесоводов, является густота древостоя. На его регулирование направлены варианты изреживания, предлагаемые в работах [8–13].

Процессы выращивания и заготовки лесоматериалов на плантациях следует рассматривать в едином технологическом цикле (рис. 1). Нами [14–18] затронуты проблемы, возникающие при проведении выборочных рубок леса на плантациях.

По нашему убеждению, изреживания должны проводиться также и в целях доступа рабочих органов лесозаготовительных машин к стволу дерева при проведении последующих выборочных рубок без нанесения существенного ущерба остающимся на доращивание деревьям. Выше изложенный анализ практикуемых форматов посадки саженцев осуществляется без учета последующих рубок ухода за лесом, что подтверждает актуальность темы исследования.

Цель работы

Цель работы — обоснование степени влияния пространственного размещения деревьев на плантациях на технологические параметры выборочных рубок лесозаготовительными машинами.

Решаемые задачи

Обоснование возможностей использования лесозаготовительных машин в существующих форматах выращивания плантационных насаждений. Проблема использования машинной валки деревьев заключается в технической возможности захвата комлевой части ствола. Габариты захватно-срезающих устройств многих лесозаготовительных машин не позволяют обрабатывать деревья в 1-й прием рубок вследствие близкого расположения стоящих рядом деревьев. Безущербная валка деревьев возможна при



Рис. 1. Схема выращивания и заготовки лесоматериалов на плантациях
 Fig. 1. Scheme of growing and harvesting timber on plantations

достаточном изреживании первичного древостоя плантационного насаждения. Лучшими для таких условий будут системы, сформированные на базе валочно-пакетирующей машины (ВПМ), которая должна быть оборудована грузонесущим манипулятором, обеспечивающим вынос дерева из насаждения в вертикальном положении [3]. При этом нет необходимости в манипуляторе со значительном вылетом. Достаточно, чтобы вылет был больше половины ширины междурядья. Обрезка сучьев и раскряжевка хлыстов после работы ВПМ может осуществляться бензопилой или сучкорезно-раскряжевочной машиной на полосе междурядья с укладкой сучьев на полосу волока. Трелевка сортиментов — форвардером.

Ширина захватно-срезающих механизмов лесозаготовительных машин составляет 1,19...1,5 м, а ширина самих машин — 1,97...3,0 м [16]. Самый компактный трехосный харвестер Komatsu 901TX.1 имеет ширину 2760 мм и вылет манипулятора до 10 м с шириной харвестерной головки 1190 мм. Его можно применять на плантациях с шагом посадки не менее 0,6 м и шириной междурядья не менее 3 м (см. табл. 1, вариант 4). Сравнивая габариты машин и их рабочих органов с вариантами посадки (см. табл. 1), приходим к некоторым выводам.

Применение машинной валки деревьев возможно при варианте 1 посадки и ограничено — при вариантах 2–4. Расстояние между деревьями не дает возможности применять на валке деревьев лесозаготовительные машины при вариантах 4–6 посадки. Ширина трелевочных тракторов и трелевочных машин при сравнении с расстояниями между рядами ограничивает их применение при вариантах 2–4 посадки. В вариантах 4–6 посадки

разреживания возможны с использованием бензопил либо кусторезов при возрасте посадок до 10 лет. Вариант 5 изначально предполагает линейное разреживание (осветление) целыми рядами.

Анализ параметров древостоя, влияющих на безущербную выборочную рубку оставляемых на доращивание особей. В процессе прогнозирования характеристик оставляемого на доращивание древостоя на период каждой рубки необходимы следующие параметры: среднее расстояние между деревьями; средний диаметр в комле; средняя высота древостоя; средняя высота без сучковой зоны ствола; средняя ширина междурядья. Сроки проведения рубок ухода определяют прогноз получения высоты и полноты древостоя, которые, в конечном счете, влияют на технологические параметры лесосечных работ. Вместе с перечисленными параметрами следует представить во времени анализ динамики пространственного размещения культур и ее трансформацию в соответствии с проводимыми рубками ухода. Это даст возможность правильно выбирать технологическую схему и систему машин для выборочных рубок и достигнуть баланса между получением определенного объема древесного урожая за период оборота рубки и рациональной технологией его заготовки.

Требования к технологии выборочных рубок леса на плантациях. Рациональное расположение деревьев относительно друг друга надо обосновать не только с точки зрения максимального прироста, но и с позиций их доступности для валки и дальнейшей обработки. Рекомендуются следующие требования к технологии выборочных рубок леса на плантациях, обеспечивающие достижение поставленных целей:

- минимизация ущерба оставляемым на доращивание особям;
- сохранение условий безопасной и эффективной работы машин и оборудования;
- обеспечение требуемого качества заготавливаемых лесоматериалов (трелевка сортиментов рекомендуется в погруженном положении форвардером).

Изложенные требования повлекут за собой дополнительные затраты времени при выполнении элементов технологических операций, которые следует выполнять в строгой последовательности, аккуратно. Конкретные затраты времени на выполнение элементов технологических операций по сравнению с работой машин в обычных условиях следует получить в результате хронометражных наблюдений.

Материалы и методы

Схема взаимного расположения деревьев в рядах и в междурядье представлена на рис. 2. Существенными характеристиками представленной схемы являются следующие:

- 1) сомкнувшиеся кроны в рядах;
- 2) высота древостоя значительно превышает ширину междурядья b ;
- 3) расстояние между стволами деревьев b_d меньше половины ширины захватно-срезающих устройств лесозаготовительных машин.

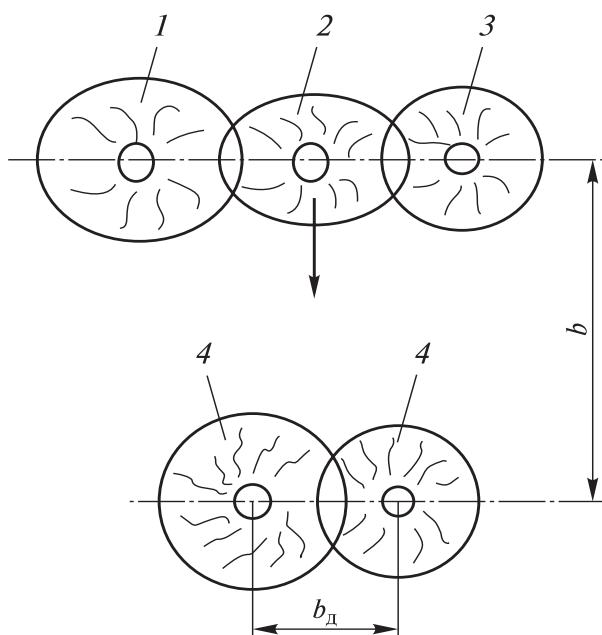


Рис. 2. Схема взаимного расположения деревьев в рядах и в междурядье: b — ширина междурядья; b_d — расстояние между деревьями (шаг посадки); 1, 2, 3 — деревья i -го ряда; 4 — деревья $(i + 1)$ -го ряда

Fig. 2. Scheme of the mutual arrangement of trees in the rows and in the aisle: b — the width of the aisle; b_d — distance between trees (planting step); 1, 2, 3 — trees of the i -th row; 4 — trees of the $(i + 1)$ -th row

Допустим, что дерево 2 подлежит рубке. При проведении выборочной рубки необходимо свалить дерево 2 так, чтобы свести к минимуму ущерб оставляемым на доращивание особям 1, 3, 4. Минимальный ущерб деревьям 1, 3 будет при валке дерева 2 в направлении, перпендикулярном оси ряда (показано стрелкой). При этом если высота древостоя значительно превышает ширину междурядья, существует реальный риск падения вершины на крону дерева 4 соседнего ряда и зависание дерева 2 со всеми вытекающим из этого последствиями. Изменение направления валки влево или вправо не приведет к желаемому результату по причине малой величины междурядья и риска нанесения ущерба кронам деревьев 1 и 3. Возникает вопрос: при каких значениях b и b_d возможно выполнение условий выборочной рубки?

Результаты и обсуждение

Допускаем динамику развития искусственных насаждений, близкую развитию аналогичного насаждения естественного происхождения. Методика прогнозирования нормативов лесопользования на каждый период разреживания древостоя естественного происхождения изложена в работе [19]. В отсутствие прогнозных параметров развития древостоя искусственного насаждения воспользуемся таблицами хода роста насаждения естественного происхождения [20]. Для примера возьмем данные по сосне, бонитет 1а, по четырем возрастным периодам 10, 20, 30 и 40 лет (табл. 2).

В периоды: с 10 до 20 лет число деревьев на 1 га за счет отпада уменьшилось на 6202 шт.; с 20 до 30 лет — 1681 шт.; с 30 до 40 лет — на 731 шт. Таким образом, «безжалостная» природа делает свой жестокий естественный отбор. Причем этот отбор не всегда идет на пользу цивилизованному сообществу. Имеется в виду, что оставшиеся на доращивание особи не займут в пространстве положение, удобное для их заготовки в очередной прием рубки, т. е. в искусственных насаждениях это следует сделать целенаправленно в процессе рубок ухода.

Данные № 4 получены путем деления площади 1 га на число деревьев. Другие параметры вычислены в табл. 2 с помощью известных соотношений. В частности, диаметр ствола в месте срезания дерева при валке (№ 2₀) определяется по формуле [21, 22]

$$d_0 = f d_{1,3}, \quad (1)$$

где $d_{1,3}$ — диаметр ствола дерева на высоте 1,3 м; f — коэффициент формы ствола (зависит от породы и места произрастания): для ели, лиственницы, дуба — 1,4, сосны, кедра, пихты, бука — 1,25, березы, липы, ясени, осины — 1,1.

Т а б л и ц а 2

**Расчетные средние параметры древостоя сосны, бонитет 1а
по четырем возрастным периодам 10, 20, 30 и 40 лет**

**Estimated average parameters of a pine forest stand, quality class 1a
for four age periods of 10, 20, 30 and 40 years**

Номер по порядку	Параметр	Возраст древостоя, лет				
		10	20	30	40	
1	Средняя высота, м	4,9	10,2	14,9	19	
2	Средний диаметр ствола, см на высоте 1,3 м, $d_{1,3}$ в комле, d_0	4,3	9,3	14,1	18,8	
2 _а		5,37	11,8	17,9	23,9	
3	Число деревьев на 1 га	10061	3859	2178	1447	
4	Площадь на одно дерево, м ²	0,99	2,59	4,59	6,91	
5	Расстояние между деревьями при расстояниях между рядами, м	7	0,14	0,37	0,65	0,99
5 _а		5	0,19	0,52	0,92	1,38
5 _в		3	0,33	0,86	1,53	2,3
6	Крона, м Высота, H_k Диаметр, D_k	1,47	3,06	4,47	5,7	
6 _а		0,44	0,92	1,34	1,715	
6 _б		3,43	7,65	11,18	14,26	
7	Высота без сучковой зоны, м					

Протяженность (№ 6_а) и диаметр (№ 6_б) кроны определяются соответственно по формулам [21]:

$$H_k = \psi_1 H = 0,3H; \quad (2)$$

$$D_k = \psi_2 H_k = 0,3H_k; \quad (3)$$

где ψ_1 , ψ_2 — коэффициенты пропорциональности между высотами соответственно кроны и дерева (ψ_1), диаметром и высотой кроны (ψ_2).

Нанесение минимального ущерба соседнему дереву возможно при валке деревьев бензопилой под углом, близким 90°. Однако при этом вершина упавшего дерева может нанести ущерб деревьям, расположенным на противоположной стороне полосы междурядья. Для того чтобы этого избежать, деревья при валке следует укладывать на междурядье под углом между минимальным α_1 и максимальным α_2 углами валки предназначенных в рубку деревьев. Угол α_1 зависит от диаметра дерева в комле — подлежащего валке и рядом стоящего, а также от диаметров их крон. При этом максимальный угол α_2 между направлением междурядья и поваленными деревьями зависит от высоты древостоя H и ширины полосы междурядья b и определяется по формуле [14]

$$\alpha_2 = \arcsin(b/H). \quad (4)$$

Результаты расчета угла α_2 представлены в табл. 3. При ширине междурядья 3 м и 5 м свалить деревья под углом меньше 20° весьма проблематично вследствие соприкосновения крон в начальный период валки.

1-й прием рубок ухода с достижением коммерческого результата следует проводить тогда,

Т а б л и ц а 3

**Горизонтальные углы между направлением
валки деревьев и осью междурядья**

**Horizontal angles between felling direction
and row spacing axis**

Номер по порядку	Параметр	Возраст древостоя, лет			
		20	30	40	
1	Высота древостоя H , м	10,2	14,9	19,0	
2	Максимальный угол укладки деревьев при валке α_2 , град при ширине междурядья b , м				
2 _а		7	43,31	28,03	21,59
2 _б		5	29,34	20,79	15,25
2 _в	3	16,86	11,60	9,03	

когда из предназначенных в рубку деревьев можно получить деловые сортименты. Однако при этом валку следует проводить без нанесения ущерба оставляемым на дорастивание деревьям (см. рис. 2). Полагаем, что вершинная часть кроны не повредит безсучковую часть ствола. Из прямоугольного треугольника находим:

$$\frac{b}{l_x} = \cos \beta; \quad b = l_x \cdot \cos \beta; \quad (5)$$

$$\frac{H_B - h}{l_x} = \sin \beta; \quad \beta = \arcsin\left(\frac{H_B - h}{l_x}\right); \quad (6)$$

$$b = l_x \cdot \cos\left[\arcsin\left(\frac{H_B - h}{l_x}\right)\right]. \quad (7)$$

С учетом полученных значений параметров l_x , H_B и h по формулам (6) и (7) вычисляем угол β и ширину междурядья b . Для выбранного примера

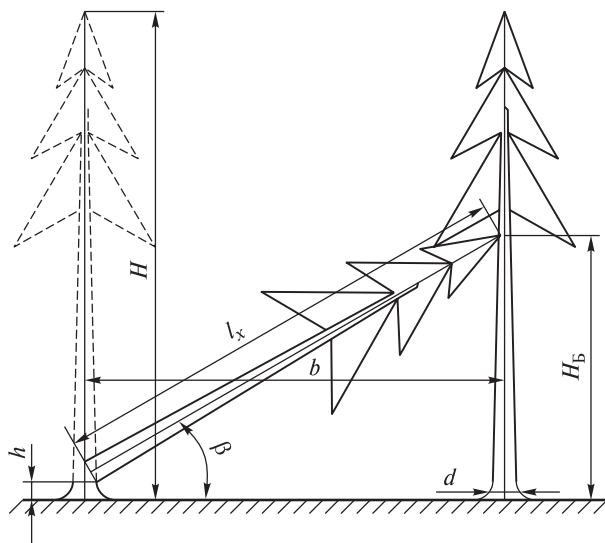


Рис. 3. Схема падения дерева в междурядье без нанесения ущерба деревьям в смежном ряду: H — средняя высота деревьев; l_x — средняя длина хлыста; b — ширина междурядья; H_b — средняя высота без сучковой зоны; h — высота пня; β — вертикальный угол наклона дерева в момент соприкосновения с оставляемым на дорощивание деревом в смежном ряду

Fig. 3. Scheme of a tree falling in a row-spacing without causing damage to trees in an adjacent row: H — the average height of trees; l_x — the average length of the whip; b — row spacing; H_b — average height without knot zone; h — the height of the stump; β — the vertical angle of inclination of the tree at the moment of contact with the tree left for growing in the adjacent row

параметров древостоя (см. табл. 3) при $l_x = 14,9$ м, $H_b = 10,43$ м и $h = 0,1$ м получили угол $\beta = 43,6^\circ$ и $b = 10,78$ м (при $l_x = 10,2$ м — $b = 7,38$ м; при $l_x = 19$ м — $b = 13,75$ м). На практике схему (рис. 3) можно применять при выполнении валки деревьев механизированным способом — бензопилой или харвестером — без подъема комля после спиливания.

Проблему доступности рабочих органов машин до подлежащих вырубке деревьев следует решать при проведении первичных рубок ухода. Так, при создании стационарных опытных объектов [23] при первоначальной густоте посадки 9,8 тыс. шт./га, расстоянии между рядами 1,7 м и шаге посадки 0,6 м при возрасте ели 17 лет были проведены рубки ухода разной интенсивности. Спустя 20 лет исследовали результаты роста культур ели в возрасте 37 лет на следующих объектах:

вариант № 1 — с вырубкой одного ряда через один ряд (интенсивность 50 %, ширина междурядья $b = 3,4$ м);

вариант № 2 — с вырубкой двух смежных рядов через ряд (интенсивность 67 %, $b = 5,1$ м);

вариант № 4 — с вырубкой двух смежных рядов через два ряда (интенсивность 50 %, $b = 5,1$ м);

вариант № 6 — с вырубкой трех смежных рядов через один ряд (интенсивность 75 %, $b = 6,8$ м).

В представленных вариантах средний диаметр ствола на высоте 1,3 м варьировал в пределах 16,4...18,4 см, а высота дерева — в пределах 16,5...17,9 м. При пропорциональном изреживании можно предположить, что в вариантах № 1 и № 4 расстояние между деревьями в рядах увеличилось до 1,2 м, что дает возможность беспрепятственного доступа захватно-срезающим органам лесозаготовительных машин к вырубаемым деревьям. К аналогичному заключению можно прийти и для вариантов № 2 и № 6. Из изложенного выше ясно, при каких условиях (параметрах древостоя) возможен доступ к подлежащим вырубке деревьям. Термин «пропорциональное изреживание» можно заменить на конкретное значение расстояния между деревьями — b_d .

Техническое решение

Нами разработан [24] способ заготовки сортиментов машинами при рубках ухода за лесом и выборочных рубках на возобновляемых искусственным путем лесных площадях с посадками, предусматривающими чередование узких полос с рядным размещением лесных культур в каждой из них и междурядий между ними с шириной, позволяющей осуществлять перемещение и работу лесозаготовительных машин.

Техническим результатом применения разработанного способа является минимизация повреждений, наносимых оставляемым на дорощивание после рубки деревьям. Минимизировать повреждения можно путем спиливания дерева, перемещения его к месту обрезки сучьев и раскряжевки, т. е. после спиливания дерево в вертикальном положении выносится манипулятором машины из насаждения в направлении, перпендикулярном оси ряда, в пространство междурядья. Далее поворотом ротатора влево или вправо вершина дерева опускается на поверхность междурядья, затем осуществляется обрезка сучьев и раскряжевка хлыстов. Полученные сортименты укладываются в кучи для последующего их сбора, погрузки и трелевки на погрузочный пункт форвардером (рис. 4).

Заготовка сортиментов осуществляется следующим образом. Обработка пасеки 1 может начинаться ближнего или дальнего от погрузочного пункта места. Валочно-сучкорезно-раскряжевочная машина (ВСРМ) 2, перемещаясь по оси междурядья, останавливается напротив предназначенного в рубку расположенного слева или справа дерева 3, крона которого тесно соприкасается с кронами 4 оставляемых на дорощивание соседних деревьев. Затем ВСРМ подводит, манипулируя, головку 5 к дереву, захватывает комлевою его часть боковыми сучкорезными ножами и протаскивающими роликами создает

усилие натяга вверх, спиливает и в вертикальном положении манипулятором 6 выносит дерево из насаждения в направлении, перпендикулярном оси ряда. Поворотом ротатора влево или вправо вершина дерева опускается на поверхность междурядья, осуществляются обрезка сучьев и раскряжевка хлыстов. Полученные сортименты 7 укладываются в кучи для последующего их сбора, погрузки и трелевки на погрузочный пункт.

Форвардер движется задним ходом вглубь пасаки на расстояние, обеспечивающее сбор полногрузной пачки сортиментов с последующим передним ходом, во время которого происходит сбор, погрузка и трелевка сортиментов на лесопогрузочный пункт.

Таким образом, заявленный способ выборочных рубок и рубок ухода за лесом машинами на возобновленных искусственным путем лесных площадях с посадками, предусматривающими чередование узких полос с рядным размещением лесных культур в каждой из них и широких междурядий между ними с шириной, позволяющей осуществлять работу лесозаготовительных машин, обеспечивает минимизацию повреждений, наносимых оставляемым на доращивание после рубки деревьям.

Выводы

1. Искусственное лесовыращивание следует проводить, изначально заложив в проекте рациональную технологию рубки леса, что позволит заготавливать лесоматериалы с минимальными повреждениями оставляемых на доращивание после рубки деревьев.

2. Рациональную технологию рубки леса необходимо планировать еще до посадки семян или саженцев, предусматривая их соответствующее размещение в рядах, которое обеспечит выполнение первичных рубок ухода с оставлением на доращивание перспективных особей.

3. При проектировании схем размещения (посадки или оставляемых на доращивание особей) важно исходить не только с позиции максимального прироста древостоя, но и с позиций их доступности для валки и дальнейшей обработки конкретной системой машин.

4. При проектировании пространственного размещения культур следует рассчитывать приходящуюся на одно дерево на момент посадки и на моменты рубок ухода среднюю площадь и ее форму. Такой формой являются прямоугольник, одна сторона которого равна расстоянию между деревьями, а другая — расстоянию между рядами древостоев. Эта форма не обязательно должна совпадать с расположением корневой системы, однако она обеспечивает ориентацию дерева в

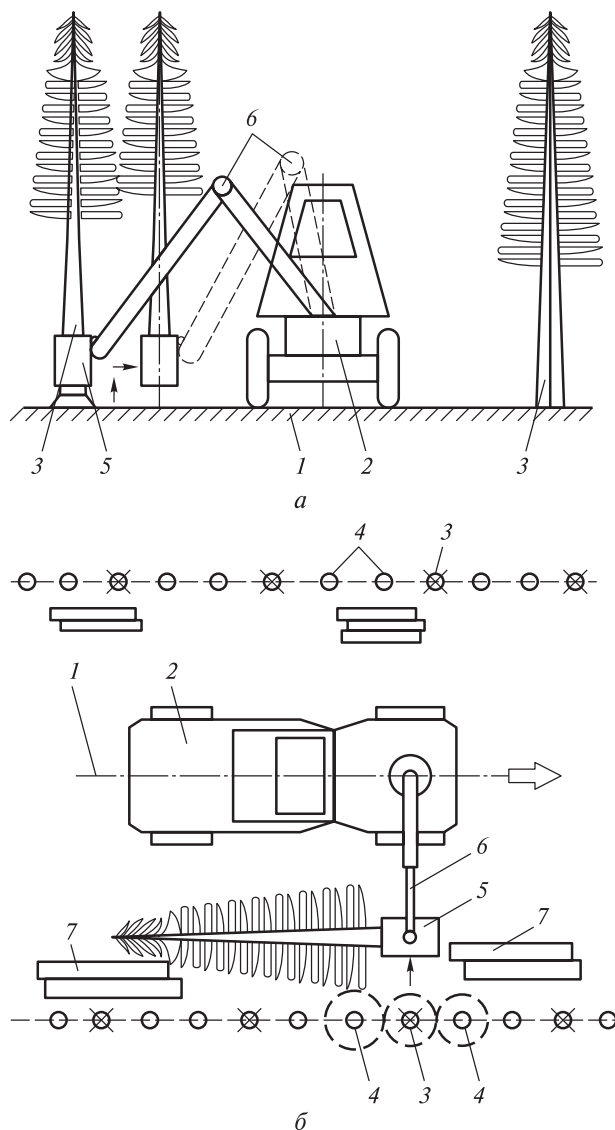


Рис. 4. Способ заготовки сортиментов машинами при рубках ухода за лесом и выборочных рубках на плантациях: *а* — схема выноса дерева из насаждения без ущерба оставляемым на доращивание соседним деревьям; *б* — схема обрезки сучьев, раскряжевки, укладки сортиментов в пачки на полосе междурядья

Fig. 4. The method of harvesting assortments by machines during thinning and selective felling on plantations: *a* — a scheme for removing a tree from a plantation without damage to neighboring trees left for growing; *b* — scheme of delimiting, bucking, stacking assortments in packs on the row spacing


пространстве и определяет технологию выборочных рубок.

5. При проведении выборочных рубок на плантациях, где обеспечена минимизация повреждений, наносимых оставляемым на доращивание после рубки деревьям, необходимо строго соблюдать последовательность выполнения элементов технологических операций валки, обрезки сучьев, раскряжевки и укладки сортиментов на пространстве междурядья.

Список литературы

- [1] Меньшиков В.Н. Основы технологии заготовки леса с сохранением и воспроизводством природной среды. Л.: Изд-во Ленингр. ун-та, 1987. 220 с.
- [2] Мазуркин П.М. Лесная аренда и рациональное лесопользование. Йошкар-Ола: Изд-во МарГТУ, 2007. 524 с.
- [3] Иевинь П.К., Розинь Т.Я. Доступность деревьев при машинной рубке выборочным способом // Комплексная механизация рубок ухода. Рига: Зинатне, 1975. С. 61–74.
- [4] Лейнонен Т., Туртиайнен М., Сиеккинен А. Лесовосстановление на Северо-Западе России и сравнение с Финляндией: комментарии финских специалистов. Йёнсуу, Финляндия: Изд-во Финского научно-исследовательского института (METLA), 2010. 38 с.
- [5] Дорошин А.В., Гулицкий В.И., Лейнонен Т. Рекомендации по лесовосстановлению и уходу за молодняками на Северо-Западе России. Йёнсуу, Финляндия: Изд-во Финского научно-исследовательского института (METLA), 2005. 56 с.
- [6] Демаков Ю.П., Курбанов Э.А., Денисов С.А., Мошкина Л.С. Лесное хозяйство Италии // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Сер. Лес. Экология. Природопользование, 2009. № 2 С. 5–11.
- [7] Рябоконт А.П. Способ выращивания сосновых насаждений без осветлений и прочисток // Проблемы использования, воспроизводства и охраны лесных ресурсов: материалы Республиканской науч.-практ. конференции, Йошкар-Ола, 01–02 июня 1989 г. Йошкар-Ола: Марийское книжное издательство, 1989. Кн. II. С. 57–58.
- [8] Романов Е.М., Демаков Ю.П., Нуреева Т.В., Заболотских П.В. О необходимости создания учебно-опытных стационаров для разработки и внедрения интенсивных технологий лесовыращивания и подготовки специалистов лесного дела // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Сер. Лес. Экология. Природопользование, 2020. № 2 (46). С. 5–26. DOI: <https://doi.org/10.25686/2306-2827/2020.2.5>
- [9] Демаков Ю.П., Нуреева Т.В., Пуряев А.С., Рыжков А.А. Закономерности развития древостоя в культурах сосны обыкновенной разной исходной густоты // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Сер. Лес. Экология. Природопользование, 2016. № 4 (32). С. 19–33. DOI: [10.15350/2306-2827.2016.4.19](https://doi.org/10.15350/2306-2827.2016.4.19)
- [10] Плантационное лесовыращивание / под ред. И.В. Шутова. Из-во СПбПУ, 2007. 366 с.
- [11] Демаков Ю.П., Нуреева Т.В., Краснов В.Г. Результаты 30-летнего опыта по изреживанию культур сосны в борках Марийского Заволжья // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Сер. Лес. Экология. Природопользование, 2020. № 3 (47). С. 5–18. DOI: <https://doi.org/10.25686/2306-2827.2020.3.5>
- [12] Перевалова Е.А., Мерзленко М.Д., Глазунов Ю.Б. Динамика роста сосны в культурах разной густоты // Уч. зап. Петрозаводского государственного университета, 2016. № 2 (155). С. 38–41.
- [13] Желдак В.И. Лесные плантации в системе лесоводства // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Сер. Лес. Экология. Природопользование, 2017. № 3(35). С. 5–25.
- [14] Ширнин Ю.А., Рукомойников К.П., Гайсин И.Г., Ширнин А.Ю. Обоснование необходимости развития стратегии технологических процессов лесопользования на лесных плантациях // Лесной вестник / Forestry Bulletin, 2021. Т. 25. № 3. С. 49–57. DOI: [10.18698/2542-1468-2021-3-49-57](https://doi.org/10.18698/2542-1468-2021-3-49-57)
- [15] Ширнин Ю.А., Гайсин И.Г., Ширнин А.Ю., Шамов Д.А. Лесная плантация. Как рубить, как сажать и выращивать? // Лесопромышленный комплекс: инновации, проблемы и направления развития: материалы Всерос. науч.-практ. конф. «Современные машины, оборудование и IT-решения лесопромышленного комплекса: теория и практика», Воронеж, 17 июня 2021 г. Воронеж: Изд-во ВГЛУ, 2021. С. 172–179.
- [16] Ширнин Ю.А., Гайсин И.Г., Ширнин А.Ю., Шамов Д.А. Обоснование системы машин и технологий выборочных рубок для лесных плантаций // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Сер. Лес. Экология. Природопользование, 2021. № 1 (49). С. 82–93.
- [17] Ширнин Ю.А., Успенский Е.И., Белоусов А.С. Технология и эффективность рубок с естественным возобновлением леса. Йошкар-Ола: Изд-во МарПИ, 1991. 100 с.
- [18] Ширнин Ю.А., Рукомойников К.П., Гайсин И.Г., Яровиков М.А. Способ выборочных рубок и рубок ухода в посадках с двухрядным размещением лесных культур. Пат. 2752365 Россия. № 2020137920; приоритет от 19 ноября 2020; опубл. 26 июля 2021.
- [19] Ананьев В.А., Асикайнен А., Вялккю Э., Хлюстов В.К., Ширнин Ю.А. Промежуточное пользование лесом на Северо-Западе России. Йёнсуу, Финляндия: Изд-во Финского научно-исследовательского института леса (METLA), 2005. 150 с.
- [20] Швиденко А.З., Щепашенко Д.Г., Нильссон С., Булуй Ю.И. Таблицы и модели хода роста и продуктивности насаждений основных лесобразующих пород Северной Евразии. М.: МГУЛ, 2008, 803 с.
- [21] Ширнин Ю.А. Лесное ресурсоведение: учебник. Йошкар-Ола: Поволжский государственный технологический университет, 2012. 356 с.
- [22] Люманов Р.А. Машинная валка леса. М.: Лесная промышленность, 1990. 280 с.
- [23] Глушкова Ю.П., Денисов С.А. Рекомендации по территориальному размещению плантаций ели для выращивания балансов в Республике Марий Эл. Йошкар-Ола: МарГТУ, 2011. 44 с.
- [24] Ширнин Ю.А., Ширнин А.Ю., Гайсин И.Г., Шамов Д.А. Способ выборочных рубок и рубок ухода за лесом машинами на возобновленных искусственным путем лесных площадях. Пат. 2761407 Россия. № 2021111923; приоритет от 27 апреля 2021; опубл. 08 декабря 2021. Бюл. № 34.

Сведения об авторах

Ширнин Юрий Александрович  — д-р техн. наук, профессор, зав. кафедрой лесопромышленных и химических технологий, ФГБОУ ВО «Поволжский государственный технологический университет», ShirninYA@volgatech.net

Ширнин Александр Юрьевич — канд. техн. наук, доцент кафедры безопасности жизнедеятельности, ФГБОУ ВО «Поволжский государственный технологический университет», ShirninAU@volgatech.net

Поступила в редакцию 02.03.2022.

Одобрено после рецензирования 02.06.2022.

Принята к публикации 15.08.2022.

INFLUENCE OF TREES POSITIONAL APPLICATION ON TECHNOLOGICAL PARAMETERS OF SELECTIVE FELLINGS

Y.A. Shirnin✉, A.Y. Shirnin

Volga State University of Technology, 3, Lenin Square, 424000, Yoshkar-Ola, Republic of Mari El, Russia

ShirninYA@volgatech.net

The analysis of the spatial distribution of planting material in different regions during plantation forestry in the context of the geometric parameters of the forest stand is presented, a scheme for growing and harvesting timber on plantations is proposed, the parameters of the forest stand are identified that affect the harmless selective felling of individual trees left for rearing, the possibility is substantiated the use of logging machines in the existing formats of plantations, the requirements for the results of each stage of forest cultivation are formulated, the patented methodology and calculations of the average linear and angular parameters of selective felling are given.

Keywords: forest plantation, spatial arrangement of trees, damage to trees left for growing, logging machines, tree felling schemes, method of selective logging for forest care by machines

Suggested citation: Shirnin Y.A., Shirnin A.Y. *Vliyaniye prostranstvennogo razmeshcheniya derev'v na plantatsiyakh na tekhnologicheskie parametry vyborochnykh rubok* [Influence of trees positional application on technological parameters of selective fellings]. *Lesnoy vestnik / Forestry Bulletin*, 2022, vol. 26, no. 5, pp. 83–92. DOI: 10.18698/2542-1468-2022-5-83-92

References

- [1] Men'shikov V.N. *Osnovy tekhnologii zagotovki lesa s sokhraneniem i vosproizvodstvom prirodnoy sredy* [Fundamentals of logging technology with the preservation and reproduction of the natural environment]. Leningrad: Izd-vo Leningr. un-ta [Publishing House of Leningrad University], 1987, 220 p.
- [2] Mazurkin P.M. *Lesnaya arenda i ratsional'noe lesopol'zovanie* [Forest lease and rational forest management]. Yoshkar-Ola: MarGTU, 2007, 524 p.
- [3] Ievin' P.K., Rozin' T.Ya. *Dostupnost' derev'ev pri mashinnoy rubke vyborochnym sposobom* [Availability of trees during machine felling by selective method]. Kompleksnaya mekhanizatsiya rubok ukhoda [Comprehensive mechanization of care cuttings]. Riga: Zinatne, 1975, pp. 61–74.
- [4] Leynonen T., Turtiaynen M., Siekkinen A. *Lesovosstanovlenie na Severo-Zapade Rossii i sravnenie s Finlyandiye: kommentarii finskikh spetsialistov* [Reforestation in the North-West of Russia and comparison with Finland: comments of Finnish specialists]. Joensuu, Finland: Finnish Forest Research Institute METLA, 2010, 38 p.
- [5] Doroshin A.V., Gulitskiy V.I., Leynonen T. *Rekomendatsii po lesovosstanovleniyu i ukhodu za molodnyakami na Severo-Zapade Rossii* [Recommendations for reforestation and caring for young forests in the North-West of Russia]. Joensuu, Finland: Forest Research Institute of Finland. Joensuu Research Center, 2005, 56 p.
- [6] Demakov Yu.P., Kurbanov E.A., Denisov S.A., Moshkina L.S. *Lesnoe khozyaystvo Italii* [Forestry of Italy]. Vestnik Povolzhskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta. Ser: Les. Ekologiya. Prirodopol'zovanie [Bulletin of the Volga State Technological University. Ser. Forest. Ecology. Nature Management], 2009, no. 2, pp. 5–11.
- [7] Ryabokon' A.P. *Sposob vyrashchivaniya sosnovykh nasazhdeniy bez osvetleniy i prochistok* [The method of growing pine plantations without clarification and cleaning]. Problemy ispol'ovaniya, vosproizvodstva i okhrany lesnykh resursov: materialy Respublikanskoй nauchno-prakticheskoy konferentsii [Problems of the use, reproduction and protection of forest resources: materials of the Republican scientific and practical conference]. Yoshkar-Ola: Mariyskoe knizhnoe izdatel'stvo, 1989, book II, pp. 57–58.
- [8] Romanov E.M., Demakov Yu.P., Nureeva T.V., Zabolotskikh P.V. *O neobkhodimosti sozdaniya uchebno-opytnykh statsionarov dlya razrabotki i vnedreniya intensivnykh tekhnologiy lesovyrashchivaniya i podgotovki spetsialistov lesnogo dela* [On the need to create educational and experimental hospitals for the development and implementation of intensive technologies for forest growing and training of forestry specialists]. Vestnik Povolzhskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta. Ser. Les. Ekologiya. Prirodopol'zovanie [Bulletin of the Volga State Technological University. Ser. Forest. Ecology. Nature management], 2020, no. 2 (46), pp. 5–26. DOI: <https://doi.org/10.25686/2306-2827/2020.2.5>
- [9] Demakov Yu.P., Nureeva T.V., Puryaev A.S., Ryzhkov A.A. *Zakonomernosti razvitiya drevostoya v kul'turakh sosny obyknovennoy raznoy iskhodnoy gustoty* [Patterns of forest stand development in Scotch pine cultures of different initial density]. Vestnik Povolzhskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta. Ser: Les. Ekologiya. Prirodopol'zovanie [Bulletin of the Volga State Technological University. Ser. Forest. Ecology. Nature management], 2016, no. 4 (32), pp. 19–33. DOI: 10.15350/2306-2827.2016.4.19
- [10] *Plantatsionnoe lesovyrashchivanie* [Plantation forestry]. Ed. I.V. Shutov. St. Petersburg: St. Petersburg State Polytechnic University, 2007, 366 p.
- [11] Demakov Yu.P., Nureeva T.V., Krasnov V.G. *Rezul'taty 30-letnego opyta po izrezhivaniyu kul'tur sosny v borakh Mariyskogo Zavolzh'ya* [The results of 30 years of experience in thinning pine crops in the forests of the Mari Zavolzhye]. Vestnik Povolzhskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta. Ser. Les. Ekologiya. Prirodopol'zovanie [Bulletin of the Volga State Technological University. Ser. Forest. Ecology. Nature management], 2020, no. 3 (47), pp. 5–18. DOI: <https://doi.org/10.25686/2306-2827.2020.3.5>
- [12] Perevalova E.A., Merzlenko M.D., Glazunov Yu.B. *Dinamika rosta sosny v kul'turakh raznoy gustoty* [Pine growth dynamics in cultures of different density]. Uchenye zapiski Petrozavodskogo gosudarstvennogo universiteta [Scientific notes of Petrozavodsk State University], 2016, no. 2 (155), pp. 38–41.

- [13] Zheldak V.I. *Lesnye plantatsii v sisteme lesovodstva* [Forest plantations in the system of forestry]. Vestnik Povolzhskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo un-ta. Ser. Les. Ekologiya. Prirodopol'zovanie [Bulletin of the Volga State Technological University. Ser. Forest. Ecology. Nature Management], 2017, no. 3(35), pp. 5–25.
- [14] Shirnin Y.A., Gaisin I.G., Rukomojnikov K.P., Shirnin A.Y. *Obosnovanie neobhodimosti razvitiya strategii tekhnologicheskikh processov lesopol'zovaniya na lesnykh plantatsiyah* [Strategy for technological processes of forest management in forest plantations]. Lesnoy vestnik / Forestry Bulletin, 2021, vol. 25, no. 3, pp. 49–57. DOI: 10.18698/2542-1468-2021-3-49-57
- [15] Shirnin Yu.A., Gaisin I.G., Shirnin A.Yu., Shamov D.A. *Lesnaya plantatsiya. Kak rubit', kak sazhat' i vyrashchivat'?* [Forest plantation. How to cut, how to plant and grow?]. Lesopromyshlennyy kompleks: innovatsii, problemy i napravleniya razvitiya: materialy Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii «Sovremennye mashiny, oborudovanie i IT-resheniya lesopromyshlennogo kompleksa: teoriya i praktika» [Timber industry complex: innovations, problems and directions of development: materials of the All-Russian scientific and practical conference «Modern machines, equipment and IT solutions of the timber industry complex: theory and practice», Voronezh, June 17, 2021. Voronezh: VGLTU, 2021, pp. 172–179.
- [16] Shirnin Yu.A., Gaisin I.G., Shirnin A.Yu., Shamov D.A. *Obosnovanie sistemy mashin i tekhnologiy vyborochnykh rubok dlya lesnykh plantatsiy* [Substantiation of the system of machines and technologies for selective felling for forest plantations]. Vestnik Povolzhskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta. Ser. Les. Ekologiya. Prirodopol'zovanie [Bulletin of the Volga State Technological University. Ser. Forest. Ecology. Nature management], 2021, no. 1 (49), pp. 82–93.
- [17] Shirnin Yu.A., Uspenskiy E.I., Belousov A.S. *Tekhnologiya i effektivnost' rubok s estestvennym vozobnovleniem lesa* [Technology and efficiency of logging with natural reforestation]. Yoshkar-Ola: MarPI, 1991, 100 p.
- [18] Shirnin Yu.A., Rukomojnikov K.P., Gaisin I.G., Yarovikov M.A. *Sposob vyborochnykh rubok i rubok ukhoda v posadkakh s dvukhryadnym razmeshcheniem lesnykh kul'tur* [The method of selective felling and thinning in plantings with two-row placement of forest crops]. Pat. 2752365 Russia, no. 2020137920; priority dated November 19, 2020; publ. July 26, 2021.
- [19] Anan'ev V.A., Asikaynen A., Vyal'kkyu E., Khlyustov V.K., Shirnin Yu.A. *Promezhutochnoe pol'zovanie lesom na Severo-Zapade Rossii* [Intermediate forest use in the North-West of Russia]. Joensuu, Finland: Finnish Forest Research Institute. Joensuu Research Center, 2005, 150 p.
- [20] Shvidenko A.Z., Shchepashchenko D.G., Nil'sson S., Buluy Yu.I. *Tablitsy i modeli khoda rosta i produktivnosti nasazhdeniy osnovnykh lesoobrazuyushchikh porod Severnoy Evrazii* [Tables and models of the course of growth and productivity of plantations of the main forest-forming species of Northern Eurasia]. Moscow: MSFU, 2008, 803 p.
- [21] Shirnin Yu.A. *Lesnoe resursovedenie* [Forest resource science: textbook]. Yoshkar-Ola: Povolzhskiy gosudarstvennyy tekhnologicheskii universitet [Volga State Technological University], 2012, 356 p.
- [22] Lyumanov R.A. *Mashinnaya valka lesa* [Machine felling of the forest]. Moscow: Lesnaya promyshlennost', 1990, 280 p.
- [23] Glushkova Yu.P., Denisov S.A. *Rekomendatsii po territorial'nomu razmeshcheniyu plantatsiy eli dlya vyrashchivaniya balansov v Respublike Mariy El* [Recommendations on the territorial distribution of spruce plantations for growing pulpwood in the Republic of Mari El]. Yoshkar-Ola: MarGTU, 2011, 44 p.
- [24] Shirnin Yu.A., Shirnin A.Yu., Gaisin I.G., Shamov D.A. *Sposob vyborochnykh rubok i rubok ukhoda za lesom mashinami na vozobnovlennykh iskusstvennym putem lesnykh ploshchadyakh* [The method of selective felling and thinning of forests by machines in artificially restored forest areas]. Pat. 2761407 Russia. No. 2021111923; priority dated April 27, 2021; publ. December 08, 2021. Bull. No. 34.

Authors' information

Shirnin Yuriy Aleksandrovich✉ — Dr. Sci. (Tech.), Professor, Head of the Department of Industrial and chemical technologies, Volga State University of Technology, ShirninYA@volgatech.net

Shirnin Aleksander Yur'evich — Cand. Sci. (Tech.), Associate Professor at the Chair of Safety of Living, Volga State University of Technology, ShirninAU@volgatech.net

Received 02.03.2022.

Approved after review 02.06.2022.

Accepted for publication 15.08.2022.

Вклад авторов: все авторы в равной доле участвовали в написании статьи
Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов
Authors' Contribution: All authors contributed equally to the writing of the article
The authors declare that there is no conflict of interest