

ОБОСНОВАНИЕ НЕОБХОДИМОСТИ РАЗВИТИЯ СТРАТЕГИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ЛЕСОПОЛЬЗОВАНИЯ НА ЛЕСНЫХ ПЛАНТАЦИЯХ

Ю.А. Ширнин, К.П. Рукомойников, И.Г. Гайсин, А.Ю. Ширнин

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

ShirninYA@volgatech.net

Представлен анализ динамики и конечных результатов плантационного лесовыращивания в разрезе геометрических параметров и пространственного размещения древостоя. Рассмотрены возможные способы и средства проведения рубок на каждом этапе ухода за лесом, сформулированы требования к результатам каждого этапа лесовыращивания. Приведен критический обзор известных способов проведения выборочных и сплошных рубок леса в обычных условиях. Обоснованы возможные системы машин для проведения рубок. Изложено описание новых элементов технологических схем разработки пасек и лент на лесных плантациях.

Ключевые слова: лесная плантация, пространственное размещение деревьев, рубки ухода, ущерб оставляемым на доращивание деревьям, лесосечные работы, система машин, схемы разработки пасек

Ссылка для цитирования: 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

Лесная плантация — это участок лесных земель, на которых выращивают древесные и кустарниковые породы для получения биомассы (щепы), балансов, ценных конструкционных сортиментов [1–3]. В соответствии с этим главным в создании плантаций является целевое выращивание искусственных насаждений.

Применительно к ценным древесным конструкционным сортиментам в эту часть понятия «лесная плантация» следует отнести процесс их получения из выращенного древостоя, который, по существу, представляет собой лесосечные работы, как завершающую стадию процесса получения конструкционных сортиментов.

Однако получение конструкционных сортиментов не должно быть единственной целью. Необходимо создавать условия для эффективной заготовки лесоматериалов при проведении в условиях лесной плантации не только окончательной рубки, но и рубок ухода. Выращенную древесину следует заготавливать и доставлять потребителю для производства товарной продукции.

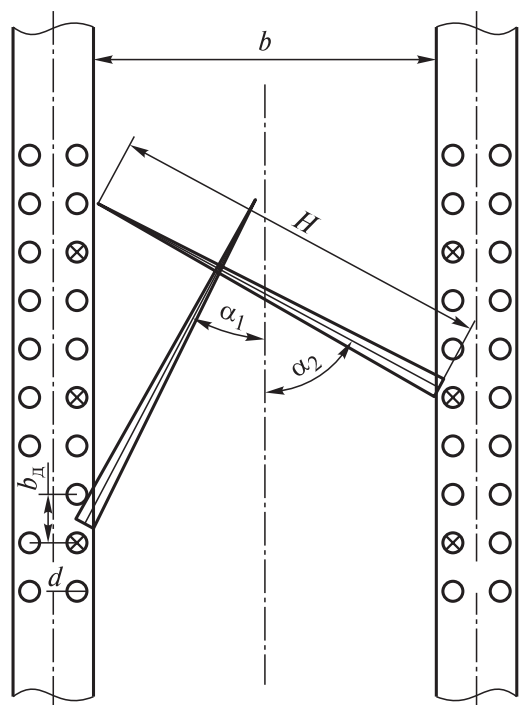
Состояние вопроса. Актуальность. Лесовосстановление бывает двух видов — естественное и искусственное. При естественном лесовосстановлении расположение деревьев на площади носит хаотичный характер, но для такого восстановления не требуется существенных финансовых затрат. Многолетняя мировая практика лесозаготовок в лесах естественного происхождения обладает достаточным количеством технологий, необходимым оборудованием и машинами для заготовки лесоматериалов в этих условиях [4, 5, 10, 12].

Искусственное лесовосстановление требует существенных финансовых затрат, но при этом предоставляется возможность упорядочить размещение саженцев или семян на площади. Порядок размещения должен соответствовать поставленной цели, например высаживанию в грунт посадочного материала, не касаясь пней и корней растущих деревьев.

На лесных плантациях искусственное лесовосстановление выполняется рядами с оставлением междурядий для прохода лесных машин. В качестве примера рассмотрим двухрядное размещение культур и полосы междурядья [13].

Схема пространственного размещения соседних (в плане) деревьев представлена на рис. 1. Во время посадки сеянцы высаживались с «трехразмерным размещением растений на площади» [13] на расстоянии: $b_d = 0,55$ м одно от другого (шаг посадки); $d = 1,2$ м между попарно сближенными рядами; при ширине междурядья в пределах $b = 7,4 \dots 10,1$ м.

В научно-технической литературе не отражены положения, связанные с пространственным размещением и параметрами составных частей плантационных насаждений [14–20]. Несмотря на необходимость проведения рубок ухода за насаждениями, во многих работах, посвященных решению данного вопроса, не приводятся методики расчета прогнозных характеристик оставленного на доращивание древостоя [13, 21]. Не отражены в литературе также и технологические схемы разработки пасек и лент при рубках ухода машинами, что обеспечило бы безущербную



- ⊗ Деревья, подлежащие рубке
- Деревья, оставляемые на доращивание

Рис. 1. Схема «трехразмерного» размещения искусственного насаждения: H — средняя высота древостоя, м; b — ширина междурядья, м; α_1 и α_2 — соответственно, минимальный и максимальный углы валки предназначенных в рубку деревьев, град; d — расстояние между попарно сближенными рядами, м; b_d — расстояние между соседними деревьями в одном ряду, м

Fig. 1. Scheme of «three-dimensional» placement of artificial plantings: H — the average height of the stand, m; b — the width of the row spacing, m; α_1 and α_2 — accordingly, the minimum and maximum angles of the felling intended for cutting trees, degrees; d — the distance between pairwise converged rows of trees, m; b_d — the distance between adjacent trees in the same row, m

для оставляемого на доращивание древостоя валку деревьев при двухрядном размещении деревьев в каждой полосе по краям широких междурядий [6, 7, 9, 12]. Отсутствие перечисленных выше материалов подтверждает необходимость рассмотрения обозначенной темы исследования и ее актуальность.

Цель работы

Цель работы — повышение эффективности цикла лесосечно-лесовосстановительных работ при плантационном лесовыращивании.

Проведенные исследования были направлены на минимизацию повреждений, наносимых оставляемым на доращивание деревьям во время выборочных рубок и рубок ухода на возобновляемых искусственным путем лесных площадях с посадками, предусматривающими чередование

узких полос с двухрядным размещением лесных культур в каждой из них и междурядий между ними с шириной, позволяющей осуществлять работу лесозаготовительной техники. Для этого должно быть соответствующее размещение на площади искусственных насаждений при посадке, применены рациональные технологические схемы разработки пазек в процессе рубок ухода, выборочных рубок для производства товарной продукции.

Решаемые задачи. Критический анализ научных публикаций, посвященных разработке методик минимизации повреждений, наносимых оставляемым на доращивание деревьям, позволил сделать выводы о необходимости проведения следующих работ:

- по проектированию схем размещения (посадки) на территории лесной плантации посадочного материала;
- по прогнозированию геометрических параметров древостоев для разных периодов рубок.

Согласно полученным результатам и следуя цели исследований необходимо осуществить разработку:

- математических зависимостей, определяющих угловые параметры направлений валки деревьев на полосу междурядья, которые бы исключали для оставляемых на доращивание деревьев какие-либо механические повреждения;
- рекомендаций по выбору систем машин для проведения лесосечных работ с учетом геометрических параметров древостоев при разных приемах рубок;
- новых технологических схем разработки пазек при проведении рубок в заданных условиях с достижением поставленных целей рекомендуемыми системами машин;
- рекомендаций по проектированию и конструированию технологического оборудования машин для заготовки лесоматериалов на плантациях.

Результаты и обсуждение

На начальной стадии создания лесной плантации следует выполнять планирование работ по выбору пород для выращивания, по срокам проведения рубок ухода, по размещению в пространстве посадочного материала, назначению рубок по интенсивности и целям выращивания. Выбор пород осуществляется в зависимости от состояния грунта, климатических условий и других факторов, влияющих на выращивание древостоя. Размещение в пространстве посадочного материала выполняется с учетом прогноза геометрических параметров древостоев для разных приемов рубок и возможностей их обработки системами машин.

При прогнозировании характеристик древо-стоя важно на период каждой рубки иметь средние значения следующих параметров: *расстояния между деревьями, диаметра в комле, высоты древостоя, ширины междурядья*. По срокам проведения рубок ухода прогнозируется высота и полнота древостоя, в конечном счете, влияющие на технологию лесосечных работ.

Кроме того, большое значение имеет представление во времени динамики пространственного размещения культур, ее анализ и трансформация в соответствии с проводимыми рубками ухода. Это даст возможность аргументированно выбрать технологическую схему и систему машин для лесосечных работ и достигнуть баланса между определенным объемом древесного «урожая» за период оборота рубки и рациональными технологиями его заготовки. Например, при изменении высоты древостоя возможна смена системы лесосечных машин или изменение периода рубок.

Рациональное расположение деревьев одно относительно другого обосновывается при этом не только с точки зрения максимального прироста, но и с позиций их доступности для валки и дальнейшей обработки. При заготовке лесоматериалов следует придерживаться условий сохранности оставляемых на доращивание деревьев, а заготовленные лесоматериалы должны отвечать требованиям стандартов по качеству. Лесозаготовительная техника должна работать без потерь производительности и с соблюдением правил безопасности.

Требования к технологии рубок леса на лесных плантациях заключается в следующем: *в минимизации ущерба оставляемому на доращивание древостою; сохранении условий безопасной и эффективной работы системы машин; обеспечении требуемого качества заготавливаемых лесоматериалов (трелевка в погруженном положении); обеспечении приемлемой производительности машин на лесосечных работах*. Главная опасность в нанесении ущерба соседним деревьям с оставляемым на доращивание древостоем может исходить от валки деревьев.

Критический обзор существующих способов проведения выборочных и сплошных рубок леса в условиях естественного лесовосстановления. В настоящее время существует способ разработки лесосеки, известный как метод узких лент, расположенных вдоль волока с трелевкой хлыстов за вершины на базе трелевочных тракторов с канатно-чокерным оборудованием и бензопил. Пасеку шириной 25...30 м разрабатывают лентами, чтобы избежать завалов и обеспечить удобные условия для рабочих на очистке деревьев от сучьев. Деревья валят вершинами на волок.

По окончании валки деревьев на ленте, когда вальщик перейдет на другую пасеку, проводят очистку деревьев от сучьев, а затем трелевку хлыстов. После того как хлысты с ленты стрелованы, вальщик переходит на следующую ленту и так до окончания разработки пасеки [8, с. 103 (рис. 3.14, б)].

Продольно-ленточный метод [11, с. 120 (рис. 3.16, г)] применяется при тракторной трелевке за комли, когда на лесосеке отсутствует жизнеспособный подрост в требуемом количестве, или же при искусственном лесовосстановлении.

Недостатком этих методов является то, что их нельзя применять при работе в посадках, предусматривающих двухрядное размещение деревьев в каждой полосе по краям широких междурядий, образующих волок. При их использовании на плантациях обработке подвергаются ленты на пасеках с валкой всех, назначенных в рубку деревьев в обоих рядах двухрядной полосы, независимо от их пространственного расположения по отношению к остающимся после рубки деревьям первого ряда этой полосы. Таким образом, применение этих способов в подобных посадках не позволяет обеспечить сохранность остающегося после рубки древостоя в ближних к волоку рядах деревьев вследствие высокой вероятности их повреждения при валке вершиной на волок рядом стоящих деревьев второго ряда.

Наиболее близким по технической сущности считается способ, разработки лесосеки по методу узких пасек, применяемый на рубках главного и промежуточного пользования, предусматривающий валку деревьев вершиной на волок и трелевку хлыстов за вершину тракторами с канатно-чокерным оборудованием [11, с. 120 (рис. 3.16, а)]. Ширина пасеки b принимается равной средней высоте древостоя H , но не более 30 м, и определяется по формуле

$$b = 2H\sin\alpha_2 + b_{\text{в}}, \quad (1)$$

где $\alpha_2 = 30^\circ$ — максимальный угол между волоком и поваленными деревьями, град;

$b_{\text{в}}$ — ширина волока, м.

Недостатком этого способа служит то, что при разработке пасек в посадках, предусматривающих двухрядное размещение деревьев в каждой полосе по краям широких междурядий, образующих волок, валка предполагает выборку деревьев из обоих рядов примыкающих к волоку двухрядных полос. Валка деревьев вершиной на волок с удаленных от волока рядов каждой из примыкающих к нему двухрядных полос повышает вероятность повреждения, оставляемых на доращивание деревьев ее первого ряда.

В рассматриваемом примере (см. рис. 1) сеянцы высаживались [13] на расстоянии 0,55 м

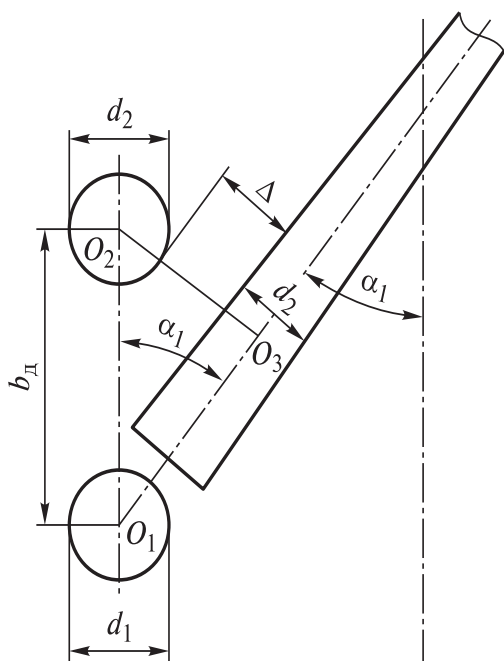


Рис. 2. Схема взаимного расположения стоящего и сваленного деревьев: Δ — расстояние между нижними поверхностями комлевой части соседних стволов деревьев (стоящего и сваленного), учитывающее соприкосновение крон при валке, м; α_1 — минимальный угол валки предназначенных в рубку деревьев, град; d_1 — диаметр на уровне пня у вырубаемого дерева, м; d_2 — диаметр на уровне пня у дерева ближайшего к вырубаемому дереву, м; d_3 — диаметр вырубаемого дерева на высоте $h = \cos \alpha_1 \cdot b_d$ от его пня, м; b_d — расстояние между соседними деревьями в одном ряду, м; O_1, O_2, O_3 — вершины прямоугольного треугольника, с углом, образованным между направлением сталкивания дерева с пня и направлением ряда деревьев

Fig. 2. Diagram of the relative position of standing and felled trees: Δ — the distance between the lower surfaces of the clump of neighboring tree trunks (standing and felled), taking into account the contact of the crowns during felling, m.; α_1 — the minimum angle of the felling intended for cutting trees, deg.; d_1 — the diameter at the level of the stump at the felled tree, m; d_2 — the diameter at the level of the stump at the tree closest to the felled tree, m; d_3 — the diameter of the felled tree at a height of $h = \cos \alpha_1 \cdot b_d$ from its stump, m; b_d — the distance between adjacent trees in the same row, m.; O_1, O_2, O_3 — vertices of a right triangle, with the angle formed between the direction of the tree colliding with the stump and the direction of the row of trees

один от другого. Нетрудно предположить, что при диаметре стволов смежных деревьев 0,30 м пространство между стволами на уровне пня составит 0,25 м и произойдет переплетение крон. При выборочной рубке одно дерево подлежит валке, а другое, соседнее, остается на доращивание. В этих условиях машинная валка без нанесения ущерба оставляемому на доращивание дереву невозможна. Схема взаимного расположения, стоящего и сваленного деревьев представлена на рис. 2.

Валка дерева бензомоторной пилой крайне затруднена. Угол α_1 примыкания ствола к оси волока в зависимости от диаметров соседних деревьев и ширины междурядья (см. рис. 1) определяется по формулам (2, 3):

$$\sin \alpha_1 = \frac{O_2 O_3}{O_1 O_2} = \frac{\frac{d_2}{2} + \Delta + \frac{d_3}{2}}{b_d}; \quad (2)$$

$$\alpha_1 = \arcsin \frac{\frac{d_2}{2} + \Delta + \frac{d_3}{2}}{b_d}. \quad (3)$$

Нанесение минимального ущерба соседнему дереву возможно при валке деревьев бензопилой под углом, близким к 90° . Однако при этом вершина упавшего дерева может нанести ущерб деревьям, расположенным на противоположной стороне полосы междурядья. Чтобы этого избежать, деревья при валке укладывают на междурядье под углом в пределах между минимальным α_1 и максимальным α_2 углами валки предназначенных в рубку деревьев. При этом максимальный угол α_2 между направлением междурядья и поваленными деревьями зависит от высоты древостоя — H и ширины полосы междурядья b .

$$\alpha_2 = \arcsin \frac{b}{H}. \quad (4)$$

Из выражений (2)–(4) видно, что необходимые углы для обеспечения минимизации повреждений, наносимых оставляемым на доращивание деревьям при валке леса, всецело зависят от состояния древостоя, среднего диаметра деревьев на уровне пня и средней высоты деревьев.

Первый прием рубок ухода для достижения коммерческого результата желательно проводить тогда, когда из предназначенных в рубку деревьев можно получить деловые сортименты, но при этом валка должна быть проведена без нанесения ущерба оставляемому на доращивание деревьям.

Чтобы этого избежать, необходимо первый прием рубки проводить раньше, когда средний диаметр и средняя высота деревьев не достигли критического.

С точки зрения эффективности реализации лесозаготовительных операций в комплексе с обеспечением минимума повреждений остающихся на доращивание деревьев необходимо, чтобы к моменту выполнения каждого нового приема рубки расстояние между деревьями в каждом ряду соответствовало неравенству

$$b_d \geq \frac{\left(\frac{d_2}{2} + \Delta + \frac{d_3}{2}\right) H}{b}. \quad (5)$$

Выполнение этого соотношения должно быть учтено при отводе деревьев в рубку в ходе предыдущего ее приема. Несоблюдение этого условия в ходе реализации рубок прошлого периода приведет к значительным повреждениям остающихся на доращивание деревьев последующего периода в результате повреждения их в процессе выполнения работ по валке леса.

Учитывая изложенное выше, рассмотрим возможные системы машин, предназначенных для работы в заданных условиях, для достижения поставленных целей. Первый прием рубок можно проводить с использованием бензопилы или малогабаритной валочно-пакетирующей машины (ВПМ). В паре с бензопилой можно применить трелевочный трактор с канатно-чокерным оборудованием (при трелевке хлыстов) или форвардер (при трелевке сортиментов). При этом также бензопилой осуществляется обрезка сучьев и раскряжевка хлыстов на сортименты.

При работе на возобновляемых искусственным путем лесных площадях с посадками, предусматривающими чередование узких полос с двухрядным размещением лесных культур в каждой из них и междурядий между ними с шириной, позволяющей осуществлять работу лесозаготовительной техники, способ разработки лесосеки предполагает разбивку ее на пасеки, включающие в себя междурядье шириной b и примыкающие к лесосеке и ограничивающие ее два ряда деревьев по одному с каждой стороны междурядья (рис. 3). Валка деревьев второго ряда каждой примыкающей к междурядью узкой полосы с двухрядным размещением лесных культур осуществляется вершиной в направлении соседнего междурядья под углом между ним и поваленными деревьями, не превышающим α_2 . Валка деревьев первого ряда начинается с ближнего к погрузочной площадке конца пасеки. Валются предназначенные в рубку деревья и слева, и справа от полосы междурядья шириной b . Причем деревья укладываются к оси междурядья под углами в пределах между α_1 и α_2 .

Свалив количество деревьев объемом для формирования одной пачки трелевочного трактора, моторист бензопилы обрезает сучья, складывая их на полосу по ширине волока, или переходит на другую пасеку. Затем задним ходом к месту сосредоточения вершин хлыстов 1 перемещается трелевочный трактор 4 . После его остановки опускается щит, растаскивается собирающий канат 2 , чокерами 3 обвязываются хлысты за вершину.

Далее включается лебедка трактора, хлысты формируются в пачку, которые затем лебедкой надвигаются на щит и осуществляется процесс трелевки вершинами вперед.

В случае использования форвардера (рис. 4) валят деревья вершиной в направлении, противо-

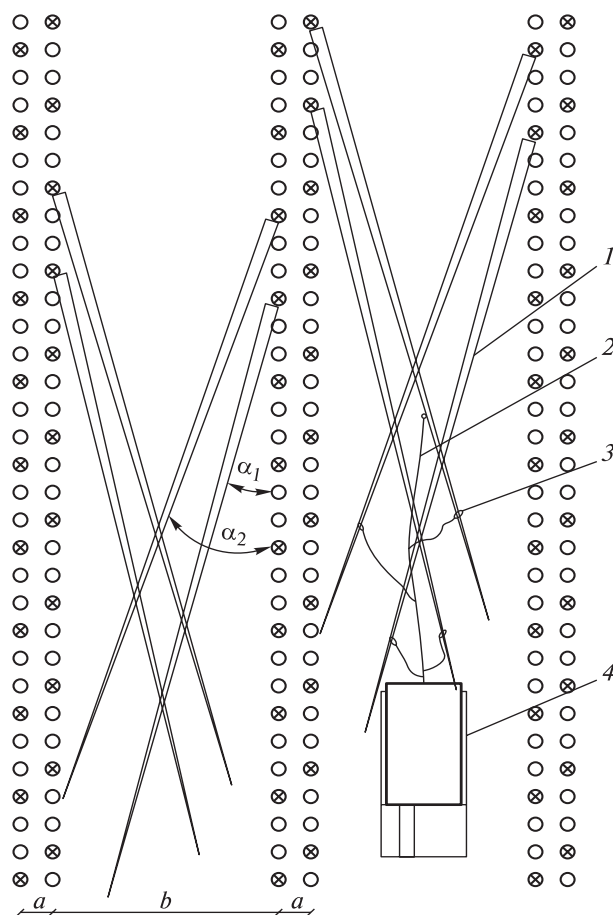


Рис. 3. Технологическая схема разработки пасек при трелевке хлыстов трелевочным трактором с канатно-чокерным оборудованием

Fig. 3. Technological scheme of apiary development when skidding whips with a skidding tractor with rope-choker equipment

положном направлению трелевки. Обрезку сучьев и раскряжевку хлыстов выполняют бензопилой. Движение форвардера вглубь пасеки предусматривает расчистку волока отвалом машины с перемещением впередилежащих сортиментов в сторону узких полос с двухрядным размещением лесных культур и их последующим сбором и трелевкой.

При трелевке сортиментов форвардером пасека разрабатывается следующим образом. При валке на пасеке деревьев слева и справа от широкого междурядья вершиной в направлении, противоположном направлению трелевки, у них обрезаются сучья, которые укладываются на волок и выполняется раскряжевка хлыстов на сортименты. Движение форвардера 1 вглубь пасеки предусматривает сначала расчистку волока отвалом 2 машины с перемещением впередилежащих сортиментов 3 в сторону узких полос с двухрядным размещением лесных культур и последующим сбором и трелевкой перемещенных таким образом сортиментов в погруженном положении на лесопогрузочный пункт.

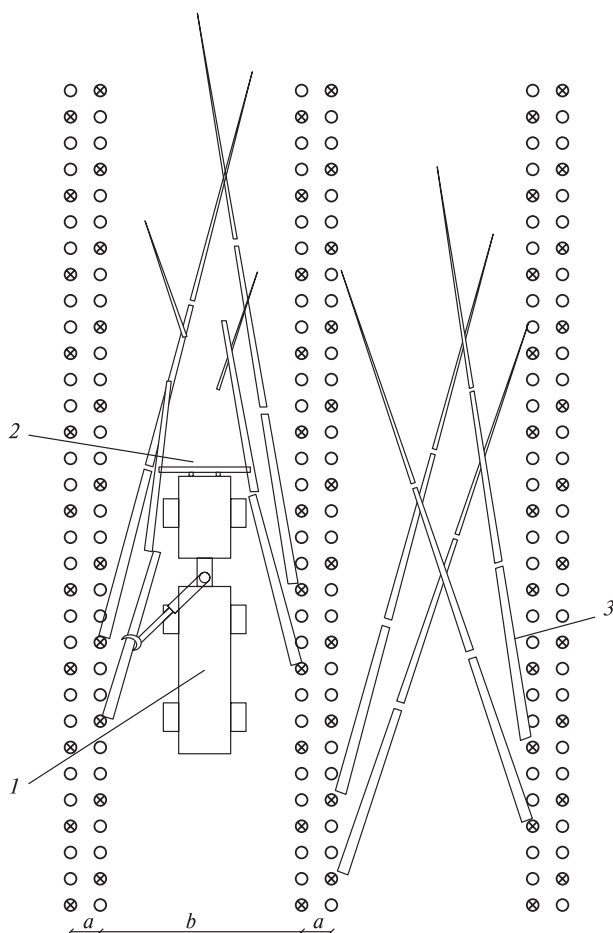


Рис. 4. Технологическая схема разработки пасек при трелевке сортиментов форвардером

Fig. 4. Technological scheme of development of apiaries while skidding logs with a forwarder

При этом обеспечивается создание благоприятных условий роста, оставляемых на доращивание после рубки деревьев и исключением по отношению к ним каких-либо механических повреждений путем укладки деревьев при валке на широкую полосу междурядья для прохода лесозаготовительной техники.

Проблема использования машинной валки деревьев заключается в технической возможности захвата комлевой части ствола. Габариты захватано-срезающих устройств многих лесозаготовительных машин не в состоянии обрабатывать деревья в первые приемы рубок вследствие близкого расположения стоящих рядом деревьев. Безущербная валка деревьев возможна при достаточном изреживании первичного древостоя плантационного насаждения. Лучшими для таких условий будут системы, сформированные на базе ВПМ, которая должна быть оборудована грузонесущим манипулятором, обеспечивающим вынос дерева из насаждения в вертикальном положении [6, 7]. При этом нет необходимости в манипуляторе со значительным 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.

Применение систем машин на базе харвестора для заготовки лесоматериалов на плантациях возможна при соответствующих условиях, обеспечивающих безущербную валку деревьев и рентабельность производства.

Выводы

1. Применительно к лесным плантациям обоснована целесообразность и актуальность рассмотрения процессов лесовосстановления и лесозаготовок в едином технологическом цикле.

2. Обоснована необходимость разработки методик проектирования схем размещения (посадки) на территории плантации посадочного материала и прогнозирования геометрических параметров древостоев для разных периодов рубок.

3. Представлены математические зависимости, определяющие угловые параметры направлений валки деревьев на полосу междурядья, которые исключают для оставляемых на доращивание деревьев какие-либо механические повреждения.

4. Рекомендованы возможные системы машин для проведения лесосечных работ с учетом геометрических параметров древостоев для разных периодов рубок в условиях плантационных насаждений.

5. Обоснованы технологические схемы разработки пасек для проведения рубок промежуточного пользования рекомендуемыми системами машин при трелевке хлыстов и сортиментов в заданных условиях с достижением поставленных целей.

6. Даны рекомендации по конструированию технологического оборудования машин для заготовки лесоматериалов на лесных плантациях.

Список литературы

- [1] Демаков Ю.П. Структура и закономерности развития лесов Республики Марий Эл. Йошкар-Ола: Изд-во Поволжского государственного технологического университета, 2018. 432 с.
- [2] Шутов И.В., Товкач Л.Н., Минакова Н.М., Сергиенко В.Г., Власов Р.В. Значение неравномерного размещения деревьев в культурах сосны // Лесное хозяйство, 2001. № 4. С. 18–20.
- [3] Плантационное лесовыращивание / под ред. И.В. Шутова. СПб.: Изд-во СПбПУ, 2007. 366 с.
- [4] Виногоров Г.К. Лесосечные работы. М.: Лесная пром-сть, 1981. 368 с.
- [5] Герасимов Ю.Ю., Сюнев В.С. Лесосечные машины для рубок ухода: компьютерная система принятия решений. Петрозаводск: Изд-во ПетрГУ, 1998. 235 с.
- [6] Иевинь П.К., Розинь Т.Я. Доступность деревьев при машинной рубке выборочным способом // Комплексная механизация рубок ухода. Рига: Зинатне, 1975. 192 с.

- [7] Иевинь П.К., Розинь Т.Я. Возможность машинного по-вала деревьев на выборочных рубках // Лесная пром-сть, 1974. № 1. С. 29–30.
- [8] Кочегаров В.Г., Бит Ю.А., Меньшиков В.Н. Технология и машины лесосечных работ. М.: Лесная пром-сть, 1990. 392 с.
- [9] Ширнин Ю.А., Ананьев В.А., Герасимов Ю.Ю., Демин К.К., Сюнев В.С., Хлюстов В.К., Сиканен Л., Вяльккю Э., Асикайнен А. Промежуточное пользование лесом на северо-западе России. Йоэнсуу: НИИ леса Финляндии, 2005. 150 с.
- [10] Технология и машины лесосечных работ / под ред. В.И. Пятякина. СПб.: Изд-во СПбГЛТУ, 2012. 362 с.
- [11] Ширнин Ю.А. Технология и оборудование лесопромышленных производств. Лесосечные работы. М.: Изд-во МГУЛ, 2004. 446.
- [12] Ширнин Ю.А., Успенский Е.И., Белоусов А.С. Технология и эффективность рубок с естественным возобновлением леса. Йошкар-Ола: МарПИ, 1991. 96 с.
- [13] 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>
- [14] 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
- [15] Демаков Ю.П., Нуреева Т.В., Краснов В.Г. Результаты 30-летнего опыта по изреживанию культур сосны в борах 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>
- [16] Демаков Ю.П., Пуряев А.С., Черных В.Л. Использование аллометрических зависимостей для оценки фитомассы различных фракций деревьев и моделирования их динамики // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Сер. Лес. Экология. Природопользование, 2015. № 2 (26). С. 19–36.
- [17] Хару П.А., Стоун Р.Дж., Мадер Д.А. Экономичность интенсивных рубок ухода в лесных посадках // Проблемы рубок ухода: Материалы конф. Междунар. союза лесных исследовательских организаций (ИЮФРО). М.: Лесная пром-сть, 1987. С. 280–286.
- [18] Ширнин Ю.А., Лазарев А.В. Выкопка и посадка подростка // Лесозаготовка. Красноярск.: Изд-во СибГТУ, 1998. С. 110–115.
- [19] Ширнин Ю.А., Редькин А.К., Лазарев А.В., Гаджиев Г.М., Рукомойников К.П. Технология машинной пере-садки подростка в процессе лесозаготовок. Йошкар-Ола: Изд-во МарГТУ, 2003. 152 с.
- [20] Демаков Ю.П., Нуреева Т.В., Пуряев А.С. Экономические основы и опыт плантационного лесовыращивания в Среднем Поволжье // Сибирский лесной журнал, 2018. № 2. С. 3–14.
- [21] Романов Е.М., Нуреева Т.В., Еремин Н.В. Обоснование критериев и показателей перевода лесных культур в режим ускоренного лесовыращивания // ИзВУЗ Лесной журнал, 2012. № 5 (329). С. 7–13.

Сведения об авторах

Ширнин Юрий Александрович — д-р техн. наук, профессор, зав. кафедрой лесопромышленных и химических технологий ПГТУ, ShirninYA@volgatech.net

Рукомойников Константин Павлович — д-р техн. наук, профессор кафедры лесопромышленных и химических технологий ПГТУ, RukomojnikovKP@volgatech.net

Гайсин Ильшат Гилязтинович — канд. техн. наук, доцент кафедры лесопромышленных и химических технологий ПГТУ, GaisinIG@volgatech.net

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

Поступила в редакцию 13.01.2021.

Принята к публикации 04.02.2021.

STRATEGY FOR TECHNOLOGICAL PROCESSES OF FOREST MANAGEMENT IN FOREST PLANTATIONS

Y.A. Shirnin, K.P. Rukomojnikov, I.G. Gaisin, 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 dynamics and final results of plantation reforestation in the context of geometric parameters and spatial placement of the stand is presented, possible ways and means of logging at each stage of forest care are proposed, requirements for the results of each stage of reforestation are formulated, a critical review of existing methods of conducting selective and complete logging under normal conditions is given, possible systems of machines for logging are justified, new elements of technological schemes for developing apiaries and belts are developed.

Keywords: forest plantation, spatial placement of trees, care felling, damage to trees left for rearing, logging operations, machine systems, apiary development schemes

Suggested citation: Shirnin Y.A., Gaisin I.G., Rukomojnikov K.P., Shirnin A.Y. *Obosnovanie neobходимosti 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

References

- [1] Demakov Yu.P. *Struktura i zakonornosti razvitiya lesov Respubliki Mariy El* [The structure and patterns of forest development in the Republic of Mari El]. Yoshkar-Ola: Volga State Technological University, 2018, 432 p.
- [2] Shutov I.V., Tovkach L.N., N.M. Minakova Sergienko V.G., Vlasov R.V. *Znachenie neravnomernogo razmeshcheniya derev'ev v kul'turakh sosny* [The value of uneven distribution of trees in pine crops]. *Lesnoe khozyaystvo [Forestry]*, 2001, no. 4, pp. 18–20.
- [3] *Plantatsionnoe lesovyrashchivanie* [Plantation forestry]. Ed. I.V. Shutov. St. Petersburg: SPbPU, 2007, 366 p.
- [4] Vinogorov G.K. *Lesosechnye raboty* [Logging works]. Moscow: Lesnaya promyshlennot' [Forest industry], 1981, 368 p.
- [5] Gerasimov Yu.Yu., Syuney V.S. *Lesosechnye mashiny dlya rubok ukhoda: komp'yuternaya sistema prinyatiya resheniy* [Logging machines for thinning: computerized decision-making system]. Petrozavodsk: PetrSU, 1998, 235 p.
- [6] 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* [Complex mechanization of thinning]. Riga: Zinatie, 1975, 192 p.
- [7] Ievin' P.K., Rozin' T.Ya. *Vozmozhnost' mashinnogo povala derev'ev na vyborochnykh rubkakh* [Possibility of machine felling of trees on selective felling]. [Forest industry], 1974, no. 1, pp. 29–30.
- [8] Kochegarov V.G., Bit Yu.A., Men'shikov V.N. *Tekhnologiya i mashiny lesosechnykh rabot* [Logging technology and machines]. Moscow: Lesnaya promyshlennot' [Forest industry], 1990, 392 p.
- [9] Shirnin Yu.A., V.A. Anan'ev, Gerasimov Yu.Yu., Demin K.K., Syuney V.S., Khlyustov V.K., Sikanen L., Vyal'kkyu E., Asikaynen A. *Promezhutochnoe pol'zovanie lesom na severo-zapade Rossii* [Intermediate forest use in northwest Russia]. Joensuu: Research Institute of Finnish Forest, 2005, 150 p.
- [10] *Tekhnologiya i mashiny lesosechnykh rabot* [Technology and machines of logging operations]. Ed. V.I. Patyakin. St. Petersburg: SPbGLTU, 2012, 362 p.
- [11] Shirnin Yu.A. *Tekhnologiya i oborudovanie lesopromyshlennykh proizvodstv. Lesosechnye raboty* [Technology and equipment for timber industry. Logging works]. Moscow: MGUL, 2004, 446 p.
- [12] Shirnin Yu.A., Uspenskiy E.I., Belousov A.S. *Tekhnologiya i effektivnost' rubok s estestvennym vozobnovleniem lesa* [Technology and efficiency of felling with natural reforestation]. Yoshkar-Ola: MarPI, 1991, 96 p.
- [13] 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 training 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>
- [14] Demakov Yu.P., Nureeva T.V., Puryaev A.S., Ryzhkov A.A. *Zakonornosti razvitiya drevostoya v kul'turakh sosny obyknovnoy raznoy iskhodnoy gustoty* [Regularities of stand development in Scots pine cultures of different initial density]. *Vestnik Povolzhskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo univepsiteta. 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
- [15] 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 Trans-Volga region]. *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>

- [16] Demakov Yu.P., Puryaev A.S., Chernykh V.L. *Ispol'zovanie allometricheskikh zavisimostey dlya otsenki fitomassy razlichnykh fraktsiy derev'ev i modelirovaniya ikh dinamiki* [The use of allometric dependences for assessing the phytomass of various fractions of trees and modeling their dynamics]. *Vestnik Povolzhskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta. Ser. Les. Ekologiya. Prirodopol'zovanie* [Bulletin of the Volga State University of Technology. Ser. Forest. Ecology. Nature management], 2015, no. 2 (26), pp. 19–36.
- [17] Kharu P.A., Stoun R.J., Mader D.A. *Ekonomichnost' intensivnykh rubok ukhoda v lesnykh posadkakh* [Profitability of intensive thinning in forest plantations]. *Problemy rubok ukhoda: Materialy konf. Mezhdunarodnogo soyuza lesnykh issledovatel'skikh organizatsiy (IYuFRO)* [Problems of thinning: Proceedings of the Conf. International Union of Forest Research Organizations (IUFRO)]. Moscow: [Forest industry], 1987, pp. 280–286.
- [18] Shirnin Yu.A., Lazarev A.V. *Vykopka i posadka podrosta* [Digging and planting undergrowth]. Lesoekspluatatsiya. Krasnoyarsk: SibSTU, 1998, pp. 110–115.
- [19] Shirnin Yu.A., Red'kin A.K., Lazarev A.V., Gadzhiev G.M., Rukomoynikov K.P. *Tekhnologiya mashinnoy peresadki podrosta v protsesse lesozagotovok* [Technology of machine transplantation of undergrowth in the process of logging]. Yoshkar-Ola: MarSTU, 2003, 152 p.
- [20] Demakov Yu.P., Nureeva T.V., Puryaev A.S. *Ekonomicheskie osnovy i opyt plantatsionnogo lesovyrashchivaniya v Srednem Povolzh'e* [Economic foundations and experience of plantation forestry in the Middle Volga region]. *Sibirskiy lesnoy zhurnal* [Siberian Forestry Journal], 2018, no. 2, pp. 3–14.
- [21] Romanov E.M., Nureeva T.V., Eremin N.V. *Obosnovanie kriteriev i pokazateley perevoda lesnykh kul'tur v rezhim uskorennoy lesovyrashchivaniya* [Justification of the criteria and indicators for the transfer of forest crops to the regime of accelerated forest growing]. *Lesnoy Zhurnal (Russian Forestry Journal)*, 2012, no. 5 (329), pp. 7–13.

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

Rukomojnikov Konstantin Pavlovich — Dr. Sci. (Tech.), Professor of the Department of industrial and chemical technologies, Volga State University of Technology, RukomojnikovKP@volgatech.net

Gaisin Ilshat Gilaztinovich — Cand. Sci. (Tech), Associate Professor of the Department Forestry and chemical technologies, Volga State University of Technology, GaisinIG@volgatech.net

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

Received 13.01.2021.

Accepted for publication 04.02.2021.