

DOI: 10.15393/j2.art.2025.8323

УДК 630\*3

Статья

## Оценка эффективности внедрения рубок ухода высокой интенсивности

**Лукашевич Виктор Михайлович**

*кандидат технических наук, доцент, Петрозаводский государственный университет  
(Российская Федерация), [lvm-dov@mail.ru](mailto:lvm-dov@mail.ru)*

**Кузнецов Алексей Владимирович**

*доктор технических наук, доцент, Петрозаводский государственный университет  
(Российская Федерация), [kuzalex@psu.karelia.ru](mailto:kuzalex@psu.karelia.ru)*

**Викторова Татьяна Витальевна**

*студентка, Петрозаводский государственный университет (Российская Федерация)*

*Получена: 14 декабря 2024 / Принята: 3 февраля 2025 / Опубликована: 11 февраля 2025*

---

**Аннотация:** Ведение эффективного лесного хозяйства с соблюдением лесоводственных принципов позволяет получить больше качественного сырья на единицу площади и увеличивает возможность повысить прибыль лесозаготовительного предприятия. В этих условиях обоснование внедрения рубок ухода высокой интенсивности и оценка их лесоводственной, технологической и экономической эффективности является актуальным и практико-ориентированным направлением научных исследований. Цель исследования — анализ эффективности повышения интенсивности рубок ухода. Задачи исследования: формирование и анализ базы данных по рубкам ухода на лесных участках ООО «Шуялес»; оценка эффективности рубок ухода в зависимости от их интенсивности; анализ производительности харвестера, зависящей от интенсивности рубок ухода. Проведён анализ данных по фактически проведённым рубкам ухода (прореживаниям и проходным) за 2022—2023 гг. на территории лесного участка ООО «Шуялес» (Пряжинское центральное лесничество). Для моделирования развития древостоя, с учётом требований правил ухода за лесом, выбран наиболее типичный участок для исследуемой территории (тип леса — сосняк черничный, абсолютная полнота 28 м<sup>2</sup>/га, высота 18 м, бонитет 2,5, возраст 55 лет, запас 241 м<sup>3</sup>/га). Анализ показал, что наибольший экономический эффект достигается при проходных рубках высокой интенсивности. При сравнении с первым сценарием (рубка ухода

слабой интенсивности 15—20 %) прибыль с  $1 \text{ м}^3$  во втором сценарии (интенсивность 21—40 %) повышается на 13 %, в третьем сценарии (интенсивность 41—55 %) — на 31 %. В пересчёте на гектар прибыль во втором сценарии повышается на 36 %, в третьем сценарии — на 57 %. Эффект от внедрения рубок ухода высокой интенсивности достигается за счёт увеличения объёма заготовки с единицы площади за цикл выращивания и получения более качественных сортиментов к моменту сплошной рубки. За счёт лесоводственного эффекта объём заготовки с единицы площади увеличился на 17—20 %. Оценка технологической эффективности работы в исследуемых условиях харвестера John Deere 1270G показала, что на рубках ухода высокой интенсивности сменная производительность харвестера падает на 5—16,5 %, но к моменту сплошной рубки за счёт увеличения среднего объёма хлыста производительность увеличивается на 26,3 %.

**Ключевые слова:** рубки ухода; проходные рубки; харвестер

---

DOI: 10.15393/j2.art.2025.8323

*Article*

## **Cost-benefit analysis of high-intensity thinning technology adoption**

**Viktor Lukashevich**

*Ph. D. in engineering, associate professor, Petrozavodsk State University (Russian Federation), [lvm-dov@mail.ru](mailto:lvm-dov@mail.ru)*

**Aleksey Kuznetsov**

*D. Sc. in engineering, associate professor, Petrozavodsk State University (Russian Federation), [kuzalex@psu.karelia.ru](mailto:kuzalex@psu.karelia.ru)*

**Tatyana Viktorova**

*student, Petrozavodsk State University (Russian Federation), [miomiramic2019@icloud.com](mailto:miomiramic2019@icloud.com)*

*Received: 14 December 2024 / Accepted: 5 February 2025 / Published: 11 February 2025*

---

**Abstract:** Conducting effective forest management in compliance with silvicultural principles allows obtaining more high-quality raw materials per unit area and the opportunity to increase the profit of a logging enterprise. Therefore, justification of high-intensity thinning operations introduction and assessment of their silvicultural, technological and economic efficiency is a relevant and practice-oriented direction of scientific research. The objective of the study was to analyze the efficiency of improvement thinning intensification. The authors analyzed data on thinning operations (severance cutting and increment felling) for 2022—2023 on the territory of the forest area of OOO Shuyales (Pryazhinskoye central forestry). To simulate the development of the forest stand taking into account the requirements of the forest tending rules, we selected the most typical site for the studied territory (bilberry pine forest, basal area per hectare of 28 m<sup>2</sup>/ha, height 18 m, growth class 2.5, age 55 years, stock 241 m<sup>3</sup>/ha). The analysis showed that the greatest economic effect was achieved with high-intensity increment felling. Compared with the first scenario (low-intensity improvement thinning of 15—20 %), the profit per 1 m<sup>3</sup> in the second scenario (intensity of 21—40 %) increased by 13 %, in the third scenario (intensity of 41—55 %) — by 31 %. In terms of per hectare, the profit in the second scenario increased by 36 %, in the third scenario — by 57 %. The effect of introducing high-intensity thinning was achieved by increasing the volume of harvesting per unit area per growing cycle and obtaining higher-quality assortments by the time of clear cutting. Due to the silvicultural effect, the volume of

harvesting per unit area increased by 17—20 %. Evaluation of the technological efficiency of the John Deere 1270G harvester in the studied conditions showed that during high-intensity thinning the harvester's shift productivity dropped by 5—16.5 %, but by the time of clear cutting, due to the increase in the average volume of the tree length, the productivity increased by 26.3 %.

**Keywords:** improvement thinning; increment felling; harvester

---

## 1. Введение

Наиболее распространённым видом использования леса в России является заготовка древесины. Согласно стратегии развития лесного комплекса [1], на территории Российской Федерации заключено около 8 тыс. договоров аренды под данный вид деятельности площадью 230 млн га. Заготовка древесины является предпринимательской деятельностью [2], основная цель которой — получение прибыли от реализации древесного сырья. За последние 10 лет объёмы заготовки леса остаются на уровне 180—220 млн м<sup>3</sup>, но при этом наблюдается дефицит качественной древесины [3]. Одной из причин такой негативной тенденции называют проблематику воспроизводства леса на уже освоенных территориях [4—6]. В связи с этим одним из вариантов восполнения дефицита качественной древесины является внедрение в лесозаготовительное производство элементов лесоводства, связанных с рубками ухода. Ведение правильного лесного хозяйства, т. е. выполнение необходимого количества уходов за лесом с соблюдением лесоводственных принципов, позволяет получить больше качественного сырья на единицу площади и увеличивает возможность повысить прибыль. В итоге в российском лесном сообществе появилось два понятия: «экстенсивное лесное хозяйство» и «интенсивное лесное хозяйство» [7]. Под экстенсивным лесным хозяйством понимают освоение новых лесных территорий с минимальным воздействием на последующее лесовосстановление. При интенсивном лесном хозяйстве практикуется ведение рубок ухода с контролем оптимальной густоты в молодняках и абсолютной полноты в средневозрастных и приспевающих насаждениях. Соблюдая лесоводственные принципы при уходе за лесом, уже в 30—40-летних древостоях можно получать дополнительный объём, и за весь цикл выращивания увеличить продуктивность с единицы площади и получить более качественный лес при достижении спелости древостоя [8—11]. Анализ научных исследований [12—14] показывает, что ведение интенсивного лесного хозяйства увеличивает прирост древостоя в 1,5—3 раза (с 1—2 м<sup>3</sup> с гектара при экстенсивной модели до 3—6 м<sup>3</sup> при интенсивной модели лесопользования [15]). Но практически во всех работах отражена только лесоводственная эффективность от рубок ухода [16]. Авторами предложен вариант оценки технологической эффективности работы харвестера на проходных рубках (ПРХ) при различных сценариях ведения лесного хозяйства (слабой, умеренной и высокой интенсивности). Проведение харвестером проходных рубок слабой интенсивности позволяет получить деловую древесину и прибыль, но не даёт лесоводственного эффекта, т. к. выборка деревьев осуществляется только с волоков. Но проходная рубка должна быть направлена не только на получение деловой древесины, но и должна дать эффект по приросту в ближайшем будущем (в течение класса возраста). В связи с этим обоснование внедрения рубок ухода высокой интенсивности и оценка их лесоводственной, технологической и экономической эффективности являются актуальным направлением научных исследований.

## 2. Материалы и методы

Объектом исследования являются рубки ухода в средневозрастных насаждениях (прореживания и проходные), производительность лесозаготовительных машин на них и экономическая эффективность их внедрения. Для проведения работы был произведён сбор данных по фактически проведённым рубкам ухода (прореживаниям и проходным) за 2022—2023 гг. на территории лесного участка ООО «Шуялес» по таким показателям, как местоположение и год рубки, площадь, тип леса, возраст насаждения, бонитет, запас до и после рубки, интенсивность рубки, породный состав до и после рубки, абсолютная полнота и т. д. Сбор данных по рубкам ухода проводился на основе отчётов по использованию лесов, технологических карт, проектов рубок ухода и материально-денежных оценок лесосек. На основе методов статистической обработки данных были получены различные зависимости (например, влияние интенсивности рубки на вырубаемый объём и т. д.). Для дальнейших расчётов из полученной базы данных по рубкам был подобран репрезентативный участок (сосняк черничный, возраст 55 лет, запасом до рубки  $241 \text{ м}^3/\text{га}$ , абсолютная полнота  $28 \text{ м}^2/\text{га}$ ), наиболее близко характеризующий природно-производственные условия для рубок ухода на исследуемой территории. На его основе было проведено моделирование развития древостоя с учётом требований правил ухода за лесом для пилотных районов [17]. Методика моделирования отражена в нормативных документах [17] и других свободных источниках [7], [18]. В первую очередь был подобран графический норматив для выбранного участка (Карельский таёжный район для сосняка черничного), на котором была отмечена точка начала рубки ухода по возрасту и абсолютной полноте. Затем проведена имитация рубки ухода разной интенсивности (слабой, умеренной и высокой), и на основе линий развития древостоя после рубки получены точки абсолютной полноты к возрасту спелости (рубки спелых и перестойных насаждений). Для каждого сценария на основе таблиц роста [19] рассчитаны запасы до и после рубки ухода, запас при возрасте спелости. Полученные данные использовались для расчёта сменной производительности харвестера [20—22]. Экономическая эффективность рубок ухода разной интенсивности была определена через затраты, выручку и прибыль по данным компании и ценам 2024 г.

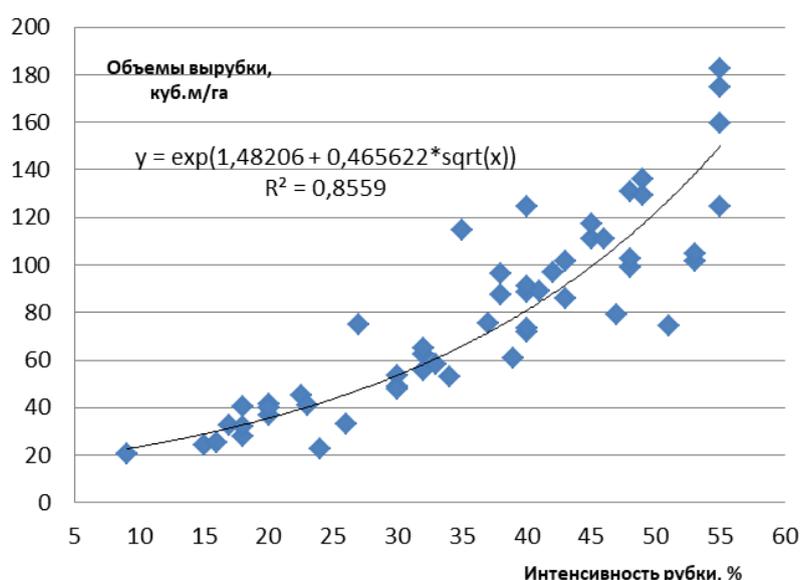
## 3. Результаты

Исследование по обоснованию внедрения рубок ухода высокой интенсивности проведено на примере лесных участков ООО «Шуялес». Компания является одним из ключевых арендаторов в Республике Карелия, которая одна из первых внедрила элементы интенсивной модели лесопользования в производство. Лесные участки ООО «Шуялес» для исследования расположены в Пряжинском центральном лесничестве. На основе данных отчётов по использованию лесов, технологических карт, проектов рубок ухода и материально-денежных оценок лесосек получена база данных за 2022 и 2023 гг. по рубкам ухода, которая

включает вид рубки (прореживание и проходная), местоположение (лесничество, квартал, выдел), площадь, возраст насаждения, бонитет, тип леса, запас до и после рубки, породный состав до и после рубки, абсолютная полнота до и после рубки.

Средний возраст рубок ухода составил 53 года, средний бонитет 3, запас до рубки 236 м<sup>3</sup>/га, абсолютная полнота до рубки 27 м<sup>2</sup>/га. Запас после рубки при слабой интенсивности (до 20 %) составил 171 м<sup>3</sup>/га, при умеренной (от 21 до 40 %) — 150 м<sup>3</sup>/га, при высокой (41—55 %) — 136 м<sup>3</sup>/га.

При обработке данных была получена зависимость объёма вырубаемой древесины от интенсивности (рисунок 1).



**Рисунок 1.** Зависимость объёма вырубаемой древесины от интенсивности [рисунок авторов]

**Figure 1.** Dependence of the volume of harvested timber on the intensity

На основе наиболее полноценных групп, выбранных посредством сравнения наибольшего значения коэффициента детерминации  $R^2$ , был проведён регрессионный анализ с целью определения зависимости объёма вырубки ( $Q_{выр}$ , м<sup>3</sup>/га) от интенсивности рубки ( $i$ , %). Степень достоверности полученных результатов подтверждается с помощью значения  $R^2$ . В таблице 1 представлены результаты дисперсионного анализа уравнений регрессий.

$$Q_{выр} = \exp(1,482 + 0,466 \cdot \sqrt{x}). \quad (1)$$

При анализе графика (рисунок 1) была выявлена нелинейная закономерность, которая показывает, что при увеличении интенсивности рубки на 10 % (интенсивность 10—55 %) выбираемый запас может увеличиваться от 10 до 50 м<sup>3</sup>. На более высоких интенсивностях рубки прирост по выбираемому запасу больше. Например, при увеличении интенсивности

с 10 до 20 % вырубемый запас увеличивается на 12 м<sup>3</sup>/га, а при увеличении интенсивности с 30 до 40 % вырубемый запас увеличивается на 27 м<sup>3</sup>/га. Также было выявлено, что при увеличении интенсивности рубки на 5 % вырубемый запас увеличивается на 22 %, при увеличении интенсивности рубки на 10 % вырубемый запас увеличивается на 51 %. Величина достоверности аппроксимации составляет 85,59 %, что является приемлемым результатом в подборе полученной линии тренда.

**Таблица 1.** Дисперсионный анализ уравнения регрессий

**Table 1.** Analysis of variance of the regression equation

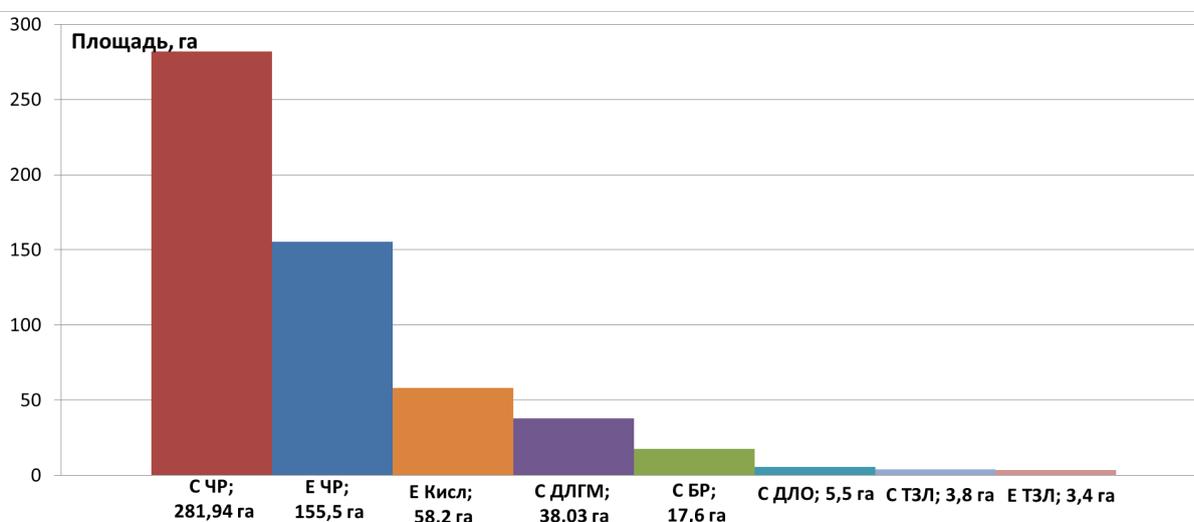
Источник дисперсии	Сумма квадратов	Степени свободы	Среднеквадратичное значение	Критерий Фишера	P-значение
Модель	14,0368	1	14,0368	302,84	0,0000
Остаток	2,36388	51	0,0463505		
Всего	16,4007	52			

Коэффициент детерминации  $R^2 = 85,59 \%$ .

Стандартная ошибка оценивания = 0,215292.

Средняя абсолютная погрешность = 0,163801.

Анализ данных показал, что наибольшее количество рубок проводилось в сосновых черничных типах леса (рисунок 2).

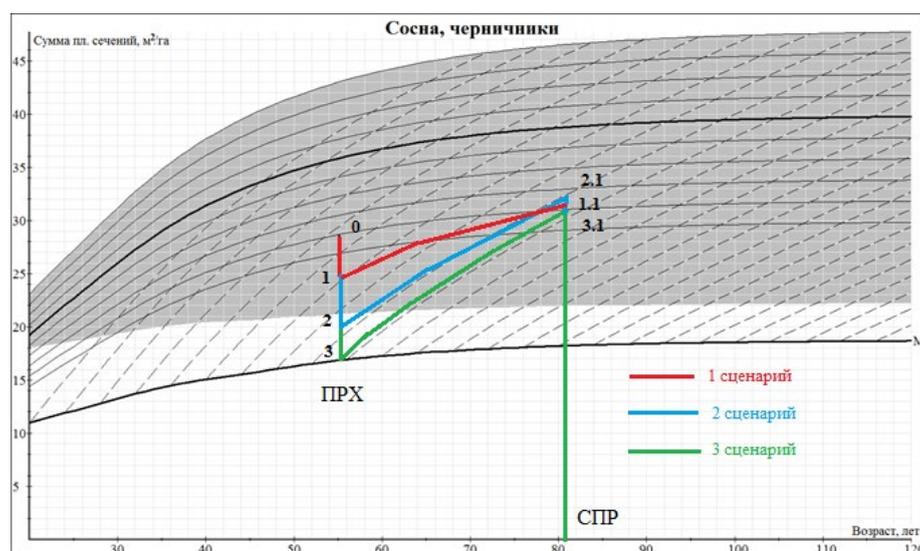


**Рисунок 2.** Распределение типов леса на рубках ухода [рисунок авторов]

**Figure 2.** Distribution of forest types in improvement thinning

Исходя из анализа для дальнейших расчётов был выбран наиболее типичный участок для исследуемой территории с характеристиками: тип леса — сосняк черничный, абсолютная полнота  $28 \text{ м}^2/\text{га}$ , высота 18 м, бонитет 2,5, возраст 55 лет, запас  $241 \text{ м}^3/\text{га}$ . Также определены сценарии для дальнейшего моделирования развития древостоя после проходных рубок слабой интенсивности (до 20 %), умеренной (от 21 до 40 %), высокой (41—55 %).

Для моделирования развития древостоя после рубки ухода разной интенсивности использовались графические нормативы правил ухода для Республики Карелии, внедрённые в пилотных проектах. Так как лесные участки исследования расположены в Пряжинском районе (Карельский таёжный район), а преобладающими типами леса, где проводились рубки ухода, являются сосняки черничные, то был выбран соответствующий норматив (рисунок 3).



**Рисунок 3.** Норматив и моделирование программы рубок ухода по сценариям [рисунок авторов]

**Figure 3.** Standard and modelling of thinning program according to scenarios

На графике были нанесены начальные параметры модельной лесосеки (возраст и абсолютная полнота). Затем определены абсолютные полноты после рубок для соответствующего сценария в зависимости от интенсивности. Далее по выбранному графическому нормативу было произведено моделирование развития древостоя до возраста рубки спелых и перестойных насаждений и была проведена сплошная рубка (см. рисунок 3, линия «СПР»). При слабой интенсивности развитие древостоя идёт ближе к линии естественного роста (см. рисунок 3, красная линия, точки 1—1.1), т. к. выборка леса идёт только с волоков и ухода в пасеках нет, то лесоводственный эффект по приросту минимальный. При умеренной интенсивности развитие древостоя идёт ближе к линии хода древостоя после рубки ухода, т. к. часть древостоя вырубается также с пасеки,

но недостаточно для полного лесоводственного эффекта (см. рисунок 3, синяя линия, точки 2—2.1). При высокой интенсивности развитие древостоя идёт по линии хода древостоя после рубки ухода, запас успел восстановиться (см. рисунок 3, зелёная линия, точки 3—3.1).

Запас до и после рубки ухода и для сплошной рубки определялся по таблицам папки таксатора и справочнику [19], сводная ведомость по моделированию представлена в таблице 2.

**Таблица 2.** Результаты моделирования по различным сценариям развития древостоя

**Table 2.** Results of modeling for different scenarios of forest stand development

Сценарий (интенсивность, %)	Запас, м <sup>3</sup> /га / абсолютная полнота до рубки, м <sup>2</sup> /га	Запас, м <sup>3</sup> /га / абсолютная полнота после рубки, м <sup>2</sup> /га	Объём вырубаемой древесины по МДО, м <sup>3</sup> /га	Объём вырубаемой древесины по графику, м <sup>3</sup> /га
Первый сценарий, ПРХ (15—20 %)	241/28	192—204 23—24	30—45	41
Второй сценарий, ПРХ (21—40 %)	241/28	144—190 18—23	45—85	81
Третий сценарий, ПРХ (41—55 %)	241/28	120—142 14—17	80—120	101
СПР после первого сценария	260/31	0/0	250—300	260
СПР после второго сценария	270/32	0/0	250—300	270
СПР после третьего сценария	260/31	0/0	250—300	260

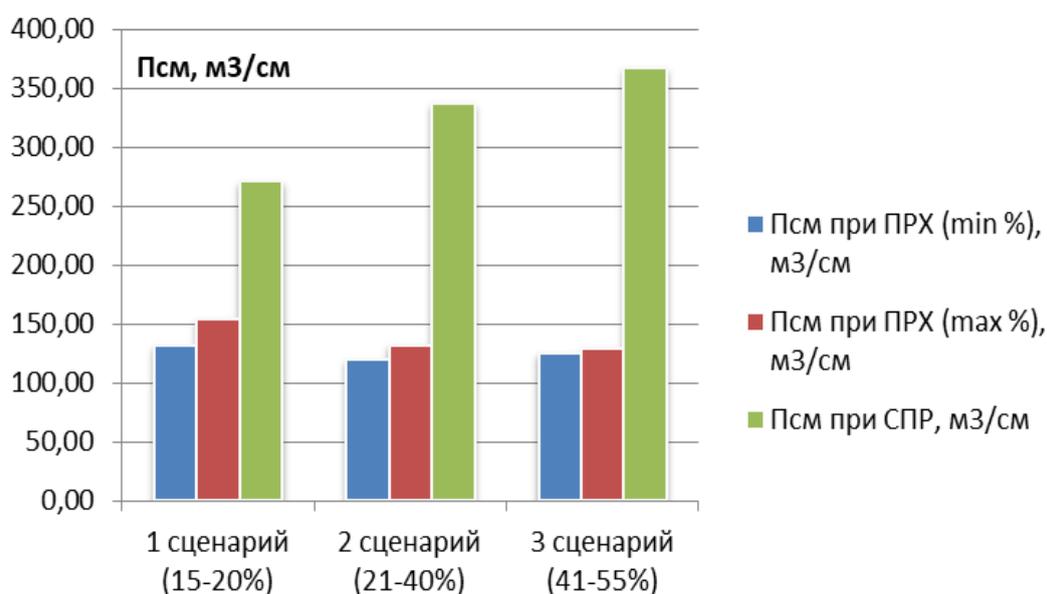
Для проверки адекватности полученных данных моделирования были выбраны идентичные лесосеки на основе их материально-денежной оценки и проведено сравнение (таблица 2). В выборку попали лесосеки в сосняках черничных в Пряжинском лесничестве слабой интенсивности (3 лесосеки), умеренной (8 лесосек), высокой (9 лесосек) и сплошной рубки (8 лесосек). При сравнении данных материально-денежных оценок и данных с графика моделирования было выявлено, что объёмы вырубаемой древесины попадают в пределы реальных условий. Для дальнейших расчётов используются данные моделирования.

Для оценки технологической эффективности лесозаготовительных машин при проведении рубок ухода выбран харвестер John Deere 1270G. Производительность определялась на основе методик расчёта, представленных в работах [23—26]. Работа харвестера на рубках ухода разной интенсивности и на сплошной рубке регулировалась количеством оставляемых и вырубаемых деревьев и их характеристиками (диаметр, высота и средний объём хлыста). В итоге были рассчитаны сменные производительности при слабой, умеренной и высокой интенсивности (таблица 3, рисунок 4).

**Таблица 3.** Сменная производительность ( $P_{см}$ ) харвестера John Deere 1270G при различных сценариях

**Table 3.** Shift productivity of the John Deere 1270G harvester under different scenarios

Сценарий	$P_{см}$ при ПРХ (min %), м <sup>3</sup> /см	$P_{см}$ при ПРХ (max %), м <sup>3</sup> /см	$P_{см}$ при СПР, м <sup>3</sup> /см
Первый (15—20 %)	131,42	153,88	270,44
Второй (21—40 %)	119,27	131,77	336,77
Третий (41—55 %)	124,80	128,51	366,69



**Рисунок 4.** Зависимость  $P_{см}$  харвестера John Deere 1270G от интенсивности рубок [рисунок авторов]

**Figure 4.** Dependence of the John Deere 1270G harvester shift productivity on the logging intensity [drawing by the authors]

Полученные результаты расчётов коррелируются с данными, представленными в работах [27], [28]. Данные расчётов показывают, что на проходных рубках высокой интенсивности (41—55 %) сменная производительность харвестера ниже, чем при слабой (15—20 %), в 1,05—1,2 раза. При умеренной интенсивности (21—40 %) меньше, соответственно, в 1,1—1,16 раза. Это связано с тем, что при первом сценарии интенсивности хватает только на прорубку волоков, где попадают деревья всех диаметров. А при высокой интенсивности дополнительно выбираются деревья с пазек, но преимущественно диаметром ниже среднего.

Также больше времени уходит на перемещение манипулятора при выборе подходящего дерева в пасеке, увеличивается время на принятие решения по выбору дерева и контролю, чтобы не превысить интенсивность рубки. Производительность харвестера при умеренной и высокой интенсивности рубок ухода изменяется в небольших пределах. При работе харвестера больше деревьев убирается с пасек и, следовательно, выше площадь обрабатываемого лесного участка, также больше времени затрачивается на перемещение харвестерной головки на максимальный вылет.

Выбранная интенсивность при рубке ухода влияет и на производительность машины в будущем. К моменту возраста спелости на сплошной рубке после проходной рубки слабой интенсивности производительность падает, в сравнении с СПР после ПРХ большей интенсивности, т. к. на пасеках остаётся большое количество деревьев и с большим разбросом по диаметрам. На сплошной рубке после проходной рубки умеренной и высокой интенсивности производительность больше соответственно в 1,25 раза и 1,36 раза, т. к. количество деревьев меньше, и за время роста в них сосредоточился весь прирост и средний объём хлыста выше. Производительность харвестера на СПР после ПРХ умеренной и высокой интенсивности изменяется в небольшом диапазоне (в 1,09 раза).

На основе полученных данных по производительности харвестера произведена экспресс-оценка экономического эффекта по каждому сценарию с момента проведения проходной рубки до сплошной. Для учёта времени проведения проходной и сплошной рубок было использовано допущение, что рубки проводят в один год, но территориально лесосеки расположены в разных местах. Усреднённые затраты были приняты по калькуляции себестоимости продукции компании на 1 м<sup>3</sup>, которые включали фонд оплаты труда, запчасти, ГСМ, арендные платежи, транспортные услуги, амортизацию, страховые взносы, прочие налоги и др. Выход сортиментов определялся по товарным таблицам [29] и материально-денежной оценке лесосек. Выручка оценивалась по ключевым сортиментам (пиловочник, баланс, дрова) компании и ценам 2024 г. Прибыль определялась по разнице между выручкой и затратами с вычетом налогов. Результаты расчётов представлены в таблице 4.

**Таблица 4.** Результаты экспресс-оценки экономического эффекта от рубок ухода высокой интенсивности

**Table 4.** Results of the economic effect express assessment of high-intensity thinning

Сценарий	Прибыль, руб./га	Прибыль, руб./м <sup>3</sup>
Первый (ПРХ 15—20 % и СПР)	178 484	892
Второй (ПРХ 21—40 % и СПР)	243 432	1008
Третий (ПРХ 41—55 % и СПР)	280 552	1172

В итоге упрощённые расчёты показали, что наибольший экономический эффект (прибыль) достигается при проходных рубках высокой интенсивности. По отношению к первому сценарию (интенсивность 15—20 %) прибыль с 1 м<sup>3</sup> во втором сценарии (интенсивность 21—40 %) повышается на 13 %, в третьем сценарии (интенсивность 41—55 %) — на 31 %. Эффект достигается за счёт выращивания более качественных сортиментов к моменту сплошной рубки. В пересчёте на гектар прибыль во втором сценарии повышается на 36 %, в третьем сценарии — на 57 %. Эффект достигается за счёт заготовки большего объёма с единицы площади и выращивания более качественных сортиментов к моменту сплошной рубки.

#### 4. Обсуждение и заключение

В работе представлена методика по комплексной оценке лесоводственной, технологической и экономической эффективности внедрения в лесозаготовительное производство рубок ухода высокой интенсивности. Результаты апробации методики на примере природно-производственных условий компании ООО «Шуялес» показали, что эффект от внедрения рубок ухода высокой интенсивности достигается за счёт увеличения объёма заготовки с единицы площади за цикл выращивания и получения более качественных сортиментов к моменту сплошной рубки. За счёт лесоводственного эффекта объём заготовки с единицы площади увеличился на 17—20 %. Анализ технологической эффективности работы харвестера показал, что на рубках ухода высокой интенсивности производительность харвестера падает на 5—16,5 % в сравнении с рубкой слабой интенсивности, но к моменту сплошной рубки за счёт увеличения среднего объёма хлыста производительность увеличивается на 26,3 %. Прибыль (экономическая эффективность) в данных условиях может повыситься на 13—30 % с 1 м<sup>3</sup> заготовки и на 30—50 % с гектара площади.

Оценка результатов моделирования развития древостоя после рубки ухода разной интенсивности позволила выделить факторы, которые влияют на полученные данные. Наиболее значимыми из них являются начальные исходные данные природно-производственных условий, заложенные в графики модели развития древостоя, и выход сортиментов на сплошной рубке и рубке ухода. Расчёты были сделаны для продуктивных насаждений (черничный тип леса, 2—3-й бонитет), и на других типах леса показатели эффективности будут ниже. На точность влияет наличие предыдущих уходов за лесом. При расчётах сделано допущение, что были проведены оптимальные рубки ухода в молодняках, и моделирование осуществлялось для чистых древостоев. Для смешанных лесов сложнее прогнозировать запасы к сплошной рубке и выход сортиментов. Также сложно прогнозировать рост древостоя на рубках ухода, где прорубали только волока. Деревья, расположенные вдоль волока, будут давать больше прирост, чем остальные деревья, размещённые в глубине полупасек. Поэтому интерполяция, проведённая в работе для рубки ухода слабой интенсивности, имеет погрешность. Выход сортиментов на сплошной рубке

и рубке ухода был выбран по сортиментным таблицам и материально-денежным оценкам, но фактически распределение сортиментов будет во многом зависеть от оператора и требований заказчика.

Для более точных прогнозов в компаниях необходимо проводить долгосрочные наблюдения за рубками ухода и их влиянием на изменение характеристик древостоя, желательно с привлечением научного сообщества. Для повышения эффективности работ на сплошных рубках необходимо отказываться от практики проведения рубок ухода с прорубкой только волоков. С пасек обязательно должны убираться нежелательные деревья и деревья малых диаметров. В то же время рекомендуется убирать несколько деревьев из самых высоких ступеней толщины. Чаще всего прирост таких деревьев замедляется, и их оставление не даёт лесоводственного эффекта. Но при наличии деревьев-ветеранов, значительно превышающих средний возраст древостоя (2—3-й класс возраста, деревья от материнского полога, семенники со сплошной рубки, сохранившиеся деревья после пожара), необходимо их оставить в количестве 3—5 шт. на гектаре для биоразнообразия. Выборка самых крупных деревьев позволит, с одной стороны, повысить экономику проходной рубки, с другой — упростить форму древостоя (уменьшить разброс деревьев по диаметрам и высотам), что будет способствовать увеличению производительности харвестера на будущей сплошной рубке. Но при этом необходимо контролировать средний диаметр, он не должен снижаться после рубки по целевым породам.

Проектирование рубок ухода и контроль над ними должны проводиться на основе прямых показателей оценки (абсолютная полнота, густота насаждения, средний диаметр), т. е. необходимо отказываться от относительной полноты, сомкнутости крон. Прямые показатели более удобны как для исполнителя работ, так и для заказчика и являются проверяемыми. Также проектирование рубок ухода необходимо осуществлять на основе фактических данных таксации лесосек, а не по материалам лесоустройства. Очень часто таксационное описание неактуальное (например, устаревшее) и неточное (расхождение запаса по лесоустройству от фактической таксации может достигать 30 %).

Важным мероприятием при внедрении рубок ухода высокой интенсивности в лесозаготовительный процесс компаний является обучение сотрудников, исполнителей работ и контролирующей стороны (персонала лесничества и заказчика). Ключевыми темами обучения должны быть выборка деревьев, которая не должна превышать критических показателей для древостоя, и оценка контрольных параметров древостоя до и после рубки (например, абсолютная полнота, количество стволов).

## **Благодарности**

*Авторы выражают огромную благодарность руководству и сотрудникам компании ООО «Шуялес» за предоставленную информацию и консультации в вопросах интенсивного лесопользования.*

## Список литературы

1. Об утверждении Стратегии развития лесного комплекса Российской Федерации до 2030 г.: распоряжение Правительства РФ № 312-р от 11 февр. 2021 г. // Правительство Российской Федерации. URL: <http://government.ru/docs/> (дата обращения: 04.12.2024). Текст: электронный.
2. Лесной кодекс Российской Федерации № 200-ФЗ от 4 дек. 2006 г. // Правительство Российской Федерации. URL: <http://government.ru/docs/all/98250/> (дата обращения: 04.12.2024). Текст: электронный.
3. *Мордюшенко О.* Дефицит забрёл в лес // Коммерсантъ: Лесная промышленность и упаковка, 2015. URL: <https://www.kommersant.ru/doc/2723485> (дата обращения: 04.12.2024). Текст: электронный.
4. *Шварц Е., Шматков Н., Кобяков К.* За саженцами леса не видно // Коммерсантъ: Лесное хозяйство, 2019. URL: <https://www.kommersant.ru/doc/3954865> (дата обращения: 04.12.2024). Текст: электронный.
5. *Гулин К. А., Дианов С. В., Антонов М. Б.* Проблемы мотивации арендаторов лесных участков на использование эффективных методов лесовосстановления в России // Экономические и социальные перемены: факты, тенденции, прогноз. 2019. Т. 12, № 1. С. 108—123.
6. Искусственное и естественное лесовосстановление в Республике Карелия / О. И. Гаврилова, К. В. Гостев, К. А. Пак [и др.] // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. 2021. № 2-1 (53). С. 9—12.
7. Интенсивное лесное хозяйство / В. С. Сютёв, А. И. Соколов, С. А. Кильпелайнен [и др.]. Петрозаводск: Изд-во ПетрГУ, 2014. 173 с.
8. *Бузыкин А. И., Пиеничникова Л. С.* Реакция средневозрастных сосняков на рубки ухода // Лесной журнал. 2009. № 1. С. 28—33.
9. *Григорьева О. И.* Формирование рубками ухода сосновых насаждений повышенной устойчивости и ценности в условиях Ленинградской области. СПб.: СПбЛТА, 2005. 103 с.
10. *Даниленко О. К., Сухих А. Н.* К вопросу повышения эффективности проведения рубок ухода // Системы. Методы. Технологии. 2019. № 3 (43). С. 105—110.
11. *Данчева А. В., Залесов С. В.* Влияние рубок ухода различной интенсивности на состояние естественных сосняков // Научные ведомости: Серия Естественные науки. 2016. № 18 (239), вып. 36. С. 32—38.
12. *Набатов Н. М., Макашин В. А.* Повышение продуктивности культур сосны лесоводственными приёмами // Лесной вестник. 2020. № 5. С. 13—15.
13. *Онучин А. А., Маркова И. И., Павлов И. Н.* Влияние рубок ухода на радиальный прирост стволов и формирование сосновых молодняков // Хвойные бореальной зоны. 2011. Т. 29, № 3-4. С. 258—267.
14. *Синькевич С. М.* Влияние рубок ухода на рост сосновых насаждений // Лесоводственно-экологические аспекты хозяйственной деятельности в лесах Карелии. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2005. С. 101—122.
15. Концепция интенсивного использования и воспроизводства лесов. СПб.: СПбНИИЛХ, 2015. 16 с.
16. Методологические подходы к повышению эффективности рубок ухода / В. В. Иванов, А. Н. Борисов, А. Е. Петренко [и др.] // Хвойные бореальной зоны. 2012. Т. 30, № 3-4. С. 259—264.

17. Правила ухода за лесами: приказ Министерства природных ресурсов и экологии РФ № 534 от 30.07.2020 г. URL: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/000120-2012180022> (дата обращения: 04.12.2024). Текст: электронный.
18. Практические рекомендации по переходу на нормативы интенсивного использования и воспроизводства лесов при проведении рубок прореживания и проходных рубок / Под общ. ред. А. А. Степченко. СПб.: СПбНИИЛХ, 2020. 12 с.
19. Лесотаксационный справочник по Северо-Западу СССР / Подгот. А. Г. Мошкалевым [и др.]. Л.: ЛТА, 1984. 320 с.
20. *Большаков Б. М., Андрюшин М. И., Дороничева Е. В.* Развитие технологий и машин при рубках ухода за лесом в Финляндии и Швеции // Лесохозяйственная информация. 2019. № 2. С. 111—128.
21. Productivity of Different Working Techniques in Thinning and Clear Cutting in a Harvester Simulator / O. Heikki, P. Teijo, L. Tikkanen [et al.] // *Baltic Forestry*. 2011. Vol. 17. P. 288—298.
22. *Eriksson M., Lindroos O.* Productivity of harvesters and forwarders in CTL operations in northern Sweden based on large follow-up datasets // *International Journal of Forest Engineering*. 2014. No. 25 (3). P. 179—200. DOI: 10.1080/14942119.2014.974309.
23. *Арико С. Е.* Влияние вылета манипулятора на эффективность работы харвестера // Труды БГТУ. № 2. Лесная и деревообрабатывающая промышленность. 2011. С. 117—121.
24. Производство лесосечных работ: Технология и техника / И. Р. Шегельман, В. И. Скрыпник, А. В. Питухин [и др.]. Петрозаводск: Изд-во ПетрГУ, 2015. 366 с.
25. Результаты экспериментальных исследований общей производительности проходных рубок в природно-производственных условиях ОАО «Группа Илим» (лесной филиал в г. Корьяжма Архангельской области) / Ф. В. Свойкин, В. А. Соколова, В. В. Орлов [и др.] // *Системы. Методы. Технологии*. 2019. № 1 (41). С. 101—106.
26. *Сергеева Т. В., Гилязова Т. А., Рукомойников К. П.* Результаты имитационного моделирования работы харвестера при выборочных рубках леса // *Лесной вестник*. 2024. Т. 28, № 2. С. 136—149.
27. Повышение производительности неспециализированной техники на лесозаготовках на базе математического анализа показателей лесосеки / Ф. В. Свойкин, В. Ф. Свойкин, В. А. Соколова [и др.] // *Системы. Методы. Технологии*. 2021. № 3 (51). С. 135—142.
28. Расчёт эксплуатационных затрат лесосечных машин / Ю. Ю. Герасимов, К. Н. Сибиряков, С. Л. Мошков [и др.]. Йёнссу: НИИ леса Финляндии, 2009. 46 с.
29. Сортиментные и товарные таблицы для лесов Северо-Запада Европейской части СССР / Подгот. А. Г. Мошкалевым [и др.]. М., 1987. 102 с.

## References

1. On approval of the Strategy for the development of the forest complex of the Russian Federation until 2030: Decree of the Government of the Russian Federation dated February 11, 2021 No. 312-R. *The Government of the Russian Federation*. Available at: <http://government.ru/docs/> (accessed: 04.12.2024). Text. Image: electronic. (In Russ.)
2. The Forest Code of the Russian Federation of 4 Dec. 2006 No. 200-FZ. *The Government of the Russian Federation*. Available at: <http://government.ru/docs/all/98250/> (accessed: 04.12.2024). Text. Image: electronic. (In Russ.)
3. Mordyushenko O. The deficit wandered into the forest. *Kommersant: Forest industry and packaging*, 2015. Available at: <https://www.kommersant.ru/doc/2723485> (accessed: 04.12.2024). Text. Image: electronic. (In Russ.)

4. Schwartz E., Shmatkov N., Kobayakov K. You can't see the forest behind the seedlings. *Kommersant: Forestry*, 2019. Available at: <https://www.kommersant.ru/doc/3954865> (accessed: 04.12.2024). Text. Image: electronic. (In Russ.)
5. Gulin K. A., Dianov S. V., Antonov M. B. Problems of motivation of tenants of forest plots to use effective methods of reforestation in Russia. *Economic and social changes: facts, trends, forecast*, 2019, vol. 12, no. 1, pp. 108—123. (In Russ.)
6. Gavrilova O. I., Gostev K. V., Pak K. A., Kolganov E. S. Artificial and natural reforestation in the Republic of Karelia. *International Journal of Humanities and Natural Sciences*, 2021, no. 2-1 (53), pp. 9—12. (In Russ.)
7. Syuney V. S., Sokolov A. I., Kilpeläinen S. A., Lukashevich V. M., Pekkoev A. N., Sukhanov Yu. V. *Intensive forestry*. Petrozavodsk, Publishing House of PetrSU, 2014. 173 p. (In Russ.)
8. Buzykin A. I., Pshenichnikova L. S. The reaction of middle-aged pine forests to improvement thinning. *Lesnoy zhurnal*, 2009, no. 1, pp. 28—33. (In Russ.)
9. Grigorieva O. I. *Formation by improvement thinning of pine plantations of increased stability and value in the conditions of the Leningrad region*. Saint Petersburg, SPBLTA, 2005. 103 p. (In Russ.)
10. Danilenko O. K., Sukhoi A. N. On the issue of improving the efficiency improvement thinning. *Systems. Methods. Technologies*, 2019, no. 3 (43), pp. 105—110. (In Russ.)
11. Dancheva A. V., Zalesov S. V. The influence of improvement thinning of various intensity on the state of natural pine forests. *Scientific Vedomosti: A series of Natural sciences*, 2016, no. 18 (239), issue 36, pp. 32—38. (In Russ.)
12. Nabatov N. M., Makashin V. A. Increasing the productivity of pine crops by forestry techniques. *Lesnoy vestnik*, 2020, no. 5, pp. 13—15. (In Russ.)
13. Onuchin A. A., Markova I. I., Pavlov I. N. The effect of improvement thinning on the radial growth of trunks and the formation of pine young trees. *Coniferous boreal zones*, 2011, vol. 29, no. 3-4, pp. 258—267. (In Russ.)
14. Sinkevich S. M. The influence of improvement thinning on the growth of pine plantations. *Forestry and ecological aspects of economic activity in the forests of Karelia*. Petrozavodsk, KarNTs RAS, 2005, pp. 101—122. (In Russ.)
15. *The concept of intensive use and reproduction of forests*. Saint Petersburg, SPbNIILH, 2015. 16 p. (In Russ.)
16. Ivanov V. V., Borisov A. N., Petrenko A. E., Sobachkin R. S., Sobachkin D. S. Methodological approaches to improving the efficiency off improvement thinning. *Coniferous boreal zones*, 2012, vol. 30, no. 3-4, pp. 259—264. (In Russ.)
17. Rules of improvement thinning: Order No. 534 of the Ministry of Natural Resources and Ecology of the Russian Federation dated 30.07.2020. Available at: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202012180022>. (accessed: 04.12.2024). Text. Image: electronic. (In Russ.)
18. *Practical recommendations on the transition to standards of intensive use and reproduction of forests during the severance cutting and increment felling*. Under the general editorship A. A. Stepchenko. Saint Petersburg, SPbNIILH, 2020. 12 p. (In Russ.)
19. *Forest taxational handbook of the North-West of the USSR*. Prepared A. G. Moshkalev [et al.]. Leningrad, LTA, 1984. 320 p. (In Russ.)
20. Bolshakov B. M., Andryushin M. I., Doronicheva E. V. Development of technologies and machines in logging of improvement thinning in Finland and Sweden. *Forestry information*, 2019, no. 2, pp. 111—128. (In Russ.)

21. Heikki O., Teijo P., Tikkanen L., Heikki H., Pekka R. Productivity of Different Working Techniques in Thinning and Clear Cutting in a Harvester Simulator. *Baltic Forestry*, 2011, vol. 17, pp. 288—298.
22. Eriksson M., Lindroos O. Productivity of harvesters and forwarders in CTL operations in northern Sweden based on large follow-up datasets. *International Journal of Forest Engineering*, 2014, no. 25 (3), pp. 179—200. doi: 10.1080/14942119.2014.974309.
23. Arico S. E. The effect of manipulator departure on harvester efficiency. *Proceedings of BSTU. No. 2. Forestry and woodworking industry*, 2011, pp. 117—121. (In Russ.)
24. Shegelman I. R., Skrypnik V. I., Pitukhin A. V., Galaktionov O. N. *Production of logging operations: Technology and equipment*. Petrozavodsk, Publishing House of PetrSU, 2015. 366 p. (In Russ.)
25. Svoikin F. V., Sokolova V. A., Orlov V. V., Svoikin V. F. Results of experimental studies of the total productivity of logging in natural production conditions of JSC Ilim Group (forest branch in Koryazhma, Arkhangelsk region). *System. Methods. Technologies*, 2019, no. 1 (41), pp. 101—106. (In Russ.)
26. Sergeeva T. V., Gilyazova T. A., Rukomoinikov K. P. Results of simulation modeling of harvester operation during selective logging. *Lesnoy vestnik*, 2024, vol. 28, no. 2, pp. 136—149. (In Russ.)
27. Svoikin F. V., Svoikin V. F., Sokolova V. A., Lokshantov B. M., Orlov V. V., Guseva T. A. Improving the productivity of non-specialized equipment in logging based on mathematical analysis of cutting area indicators. *System. Methods. Technologies*, 2021, no. 3 (51), pp. 135—142. (In Russ.)
28. Gerasimov Yu. Yu., Sibiryakov K. N., Moshkov S. L., Vyalkkyu E., Karvinen S. *Calculation of the operating costs of logging machines*. Joensuu, Finnish Forest Research Institute, 2009. 46 p. (In Russ.)
29. *Timber assortments and commodity tables for forests of the North-West of the European part of the USSR*. Prepared A. G. Moshkalev [et al.]. Moscow, 1987. 102 p. (In Russ.)