

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ РАБОТЫ БЕНЗОПИЛАМИ  
НА НЕСПЛОШНЫХ РУБКАХ**

**IMPROVEMENT OF TECHNOLOGIES OF WORK OF CHAINSAWS  
ON UNSAFE FELLING OF THE FOREST**

**Абрамов В.В.**, кандидат технических наук,  
доцент  
ФГБОУ ВО «Воронежский  
государственный лесотехнический  
университет им. Г.Ф. Морозова», Россия,  
Воронеж.

**Троянов И.Н.**, аспирант  
ФГБОУ ВО «Воронежский  
государственный лесотехнический  
университет им. Г.Ф. Морозова», Россия,  
Воронеж.

**Бухтояров Л.Д.**, кандидат технических  
наук, доцент  
ФГБОУ ВО «Воронежский  
государственный лесотехнический  
университет им. Г.Ф. Морозова», Россия,  
Воронеж.

**Abramov V.V.**, Candidate of Technical  
Sciences, associate professor  
FGBOU VO «Voronezh State University of  
Forestry and Technologies named after G.F.  
Morozov», Voronezh, Russia.

**Troyanov I.N.**, Graduate student  
FGBOU VO «Voronezh State University of  
Forestry and Technologies named after G.F.  
Morozov», Voronezh, Russia.

**Bukhtoyarov L.D.**, Candidate of Technical  
Sciences, associate professor  
FGBOU VO «Voronezh State University of  
Forestry and Technologies named after G.F.  
Morozov», Voronezh, Russia.

**Аннотация:** В статье представлена новая комплексная трехуровневая концепция оценки проектных решений по выполнению обрабатывающих операций на несплошных рубках, отличающаяся возможностью одновременного прогнозирования энергозатрат, технико-экономического результата и лесоводственно-экологических последствий для лесной среды. Для реализации данной концепции была предложена структура трехуровневой автоматизированной системы повышения эффективности работы бензопилами на несплошных рубках путем обоснования оптимальной технологии и организации труда, комплекта бензиномоторного инструмента, способа и параметров разработки пазов. На первом уровне для обоснования оптимального комплекта бензиномоторного инструмента предлагается математическая модель процесса выполнения комлевого пропила по определению удельных энергозатрат. На втором уровне для обоснования оптимальной технологии и организации труда предлагаются имитационные модели процесса выполнения обрабатывающих операций по определению удельных приведенных энергозатрат. На третьем уровне для обоснования оптимального способа и параметров разработки пазов используется обобщенный критерий оценки эффективности выполнения обрабатывающих операций с учетом прямых производственных затрат, лесоводственного ущерба, а также повреждаемости подроста. По каждому обозначенному уровню решаемых задач был разработан математический аппарат, информационное и программное обеспечение, рекомендованное к использованию на лесозаготовительных предприятиях. В настоящее время оно успешно внедрено в Московской и Тамбовской областях. По результатам внедрения наблюдается снижение на выполнении обрабатывающих операций: удельных и удельно-приведенных энергозатрат (от 4 до 9 %);

общих прямых затрат (от 3 до 7%); а также лесоводственного и экологического ущерба (от 5 до 11 %).

**Abstract:** The article presents a new comprehensive three-level concept for evaluating design decisions for performing processing operations on incomplete logging, which is distinguished by the ability to simultaneously predict energy costs, technical and economic results, and forestry and environmental consequences for the forest environment. To implement this concept, a structure of a three-level automated system for increasing the efficiency of working with chainsaws on incomplete cutting was proposed by substantiating the optimal technology and organization of work, a set of gasoline-powered tools, a method and parameters for developing apiaries. At the first level, to substantiate the optimal set of gasoline-powered tools, a mathematical model of the process of performing butt cuts for the determination of specific energy costs is proposed. At the second level, to substantiate the optimal technology and labor organization, simulation models of the process of performing processing operations to determine the specific reduced energy costs are proposed. At the third level, in order to justify the optimal method and parameters for apiary development, a generalized criterion is used to assess the efficiency of processing operations taking into account direct production costs, forestry damage, as well as damage to the undergrowth. For each indicated level of tasks to be solved, a mathematical apparatus, information and software recommended for use at logging enterprises was developed. Currently, it has been successfully implemented in the Moscow and Tambov regions. According to the results of the implementation, there is a decrease in the performance of processing operations: specific and specific reduced energy costs (from 4 to 9%); total direct costs (from 3 to 7%); as well as forestry and environmental damage (from 5 to 11%).

**Ключевые слова:** бензопилы, несплошные рубки леса, лесосечные работы, способы разработки пазов.

**Keywords:** chainsaws, incomplete logging, cutting operations, apiary development methods.

## **ВВЕДЕНИЕ**

Одной из основных задач развития лесозаготовок является комплексное совершенствование лесосечных работ с позиции снижения энергоемкости производственных процессов, роста производительности труда, повышения лесоводственного эффекта рубки и уменьшения негативных экологических последствий окружающей среде [11-14]. Возможности реализации такого подхода находятся на стадии проектирования производства при обосновании эффективных технико-технологических и организационных решений по выполнению обрабатывающих операций [5-10].

В настоящее время на валке деревьев, обрезке сучьев и раскряжевке хлыстов широко используются бензопилы, особенно в условиях когда другие средства ограничены в работе: по своим техническим возможностям (из-за рельефа местности, несущей способности грунтов, крупности деревьев); лесоводственно-экологическими требованиями (к повреждаемости оставляемых деревьев, сохраняемости подроста и доли технологических площадей на лесосеке); а также экономической целесообразностью (при освоении разрозненных лесосек с небольшими объемами лесопользования). Эффективность механизированного выполнения обрабатывающих операций во многом зависит от: выбора технологии и комплекта бензиномоторного инструмента; способа, параметров и

последовательности разработки пасеки и ленты; а также от индивидуальных особенностей мотористов бензопил [1,2,3, 4].

Большое количество сравниваемых вариантов, широкий диапазон изменения природно-производственных условий разрабатываемых лесосек и параметров рубок, различная квалификация и утомляемость исполнителей, а также необходимость многосторонней оценки обрабатывающих операций, затрудняет принятие оптимальных научно-обоснованных проектных решений в данном вопросе.

## ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ

В связи с этим была обозначена следующая цель исследований: совершенствование выполнения обрабатывающих операций лесосечных работ бензиномоторным инструментом путем выбора оптимальных проектных решений в заданных природно-производственных условиях на основе комплексной оценки их эффективности.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

На первом уровне автоматизированной системы принятия оптимальных проектных решений для обоснования оптимального комплекта бензиномоторного инструмента используется математическая модель процесса срезания дерева по определению удельных энергозатрат. На втором уровне для обоснования оптимальной технологии и организации труда применяются имитационные модели процесса выполнения обрабатывающих операций по определению удельных приведенных энергозатрат. На третьем уровне для обоснования оптимального способа (рис. 1) и параметров разработки пасеки используется обобщенный критерий оценки эффективности выполнения обрабатывающих операций.

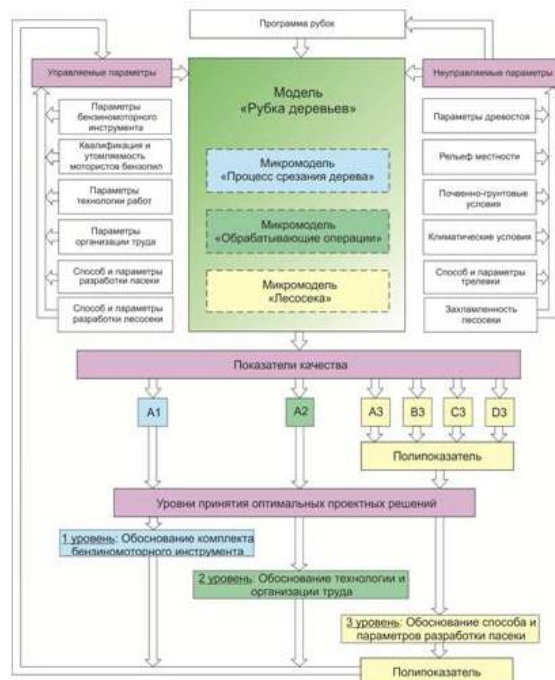


Рисунок 1 – Структурная схема автоматизированной системы принятия оптимальных проектных решений по выполнению обрабатывающих операций лесосечных работ

Для формирования обобщенного критерия оценки способов разработки пасек бензопилами одновременно с технико-экономической и лесоводственно-экологической позиции предложено использовать следующие три показателя: прямые производственные

затраты; лесоводственный ущерб от технологических непродуцирующих площадей лесосеки и повреждаемость подроста.

Прямые производственные затраты определяются из следующего выражения

$$Z_1 = \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J \left( \frac{C_{м-смij} M_g}{\Pi_{смijk}} \right), \quad (1)$$

где  $C_{м-смij}$  – себестоимость содержания в смену  $j$  – го комплекта бензиномоторного инструмента при его использовании на  $i$  –й обрабатывающей операции, руб;

$M_g$  – объем древесины заготавливаемый на лесосеке в  $g$  – й прием рубки, м<sup>3</sup>;

$\Pi_{смijk}$  – сменная производительность работы  $k$  –го моториста на  $i$ –й обрабатывающей операции  $j$ –м комплектом бензиномоторного инструмента, м<sup>3</sup>.

Лесоводственный ущерб от изъятия определенной доли технологических площадей лесосеки из процесса лесовыращивания предлагается определять следующим образом

$$Z_2 = Z_{cp} S_n \Delta_{тек} T, \quad (2)$$

где  $Z_{cp}$  – средняя цена заготавливаемой древесины, руб/м<sup>3</sup>;

$S_n$  – непродуцирующие площади на лесосеке, га;

$\Delta_{тек}$  – годичный прирост древесины, м<sup>3</sup>/га;

$T$  – интервал между приемами рубок, лет.

Повреждаемость подроста при выполнении обрабатывающих операций предлагается определять как

$$Z_3 = \frac{100 \cdot S_n}{S_n} + S_n, \quad (3)$$

где  $S_n$  – площадь разрабатываемой лесосеки, га;

$S_n$  – повреждаемость подроста на полупасаках, %.

Для формирования обобщенного критерия качества из трех оценочных показателей  $Z_1, Z_2, Z_3$  эффективности было предложено использовать метод свертывания целей Гермейера  $Z_{общ} = \sum_{i=1}^n Z_i \lambda_i$ .

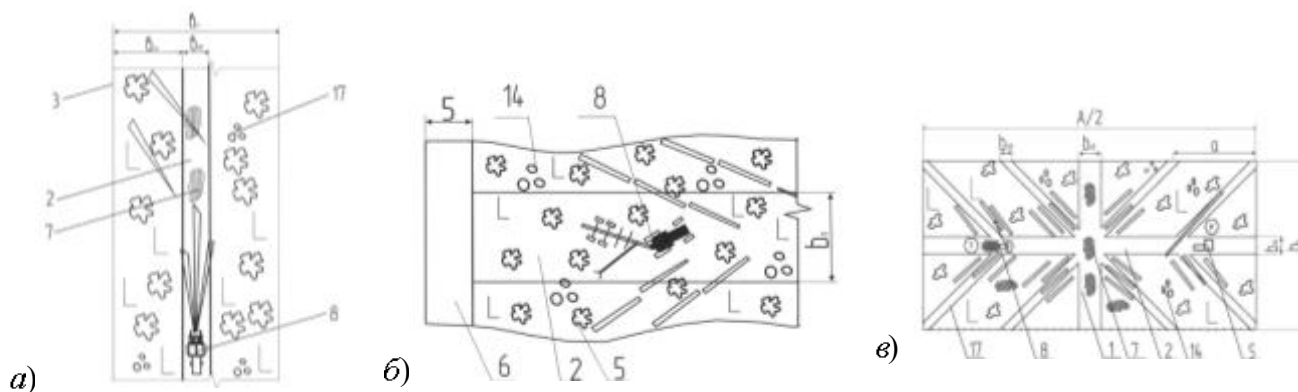


Рисунок 2 – Способы разработки пасаек бензопилами на несплошных рубках

Для оценки эффективности разработки пасек бензопилами было предложено исследовать 3 следующих способа. Первый из них предполагает прокладку пасечных волоков с последующей разработкой полупасек лентами определенной ширины начиная от близлежащих к пасечному волоку. Во втором способе разработки пасеки прокладка пасечных волоков не предполагается и валка деревьев происходит внутри насаждения на ленте определенной ширины расположенной перпендикулярно магистральному волоку. И наконец, третий способ разработки пасеки предполагает использование технологических визиров под углом к магистральному и пасечному технологическому коридору.

### РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В результате оценки предложенных для сравнения способов выполнения обрабатывающих операций на пасеках по показателю общих прямых затрат ( $Z_1$ ), наиболее предпочтительным оказался 3 вариант. С позиции лесоводственного ущерба ( $Z_2$ ) прокладка технологических визиров на полупасеках под углом к волокам дает отрицательный результат. В то же время, по показателю повреждаемости подроста 3-й вариант выполнения обрабатывающих операций на пасеках превосходит 1-ую и 2-ю технологию при любой интенсивности рубки. С учетом заданного нормативного уровня повреждаемости подроста на несплошных рубках, а это 34,4 % включая все технологические площади на лесосеке (т.е. 16,4 % - пасеки, 15 % – волоки, коридоры и визирь и 3 % - погрузочные площадки), применительно к Александровскому лесничеству были определены благоприятные области для выбора оптимальных значений лесоводственно-технологических параметров.

Таким образом, выбор лучшего из предложенных для сравнения варианта выполнения обрабатывающих операций на пасеках, отдельно по каждому показателю эффективности, сложностей не вызывает. Однако для принятия однозначного решения одновременно с технико-экономической, лесоводственной или экологической позиций формируется обобщенный критерий ( $Z_{общ}$ ) оценки по которому в рассматриваемых условиях работы 3 вариант показывает лучшие результаты.

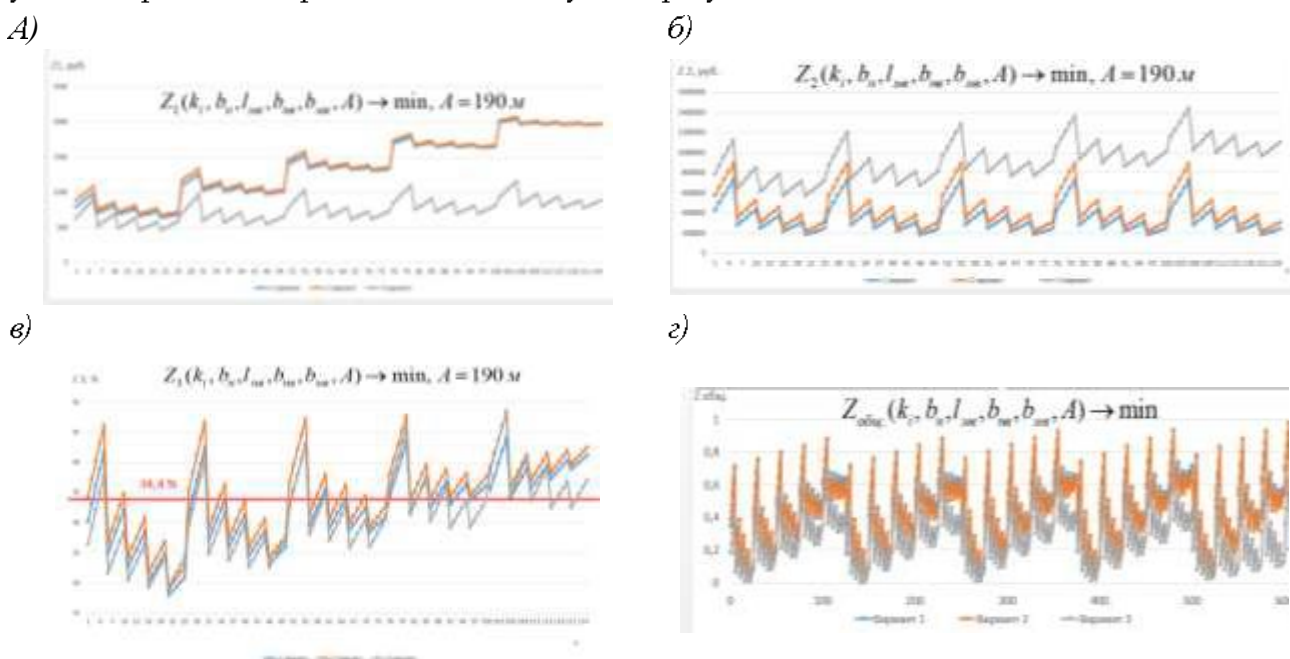


Рисунок 3 – Результаты обоснования способа выполнения обрабатывающих операций лесосечных работ на пасеке по критерию: а)  $Z_1$ ; б)  $Z_2$ ; в)  $Z_3$ ; г)  $Z_{общ}$ .

## **ВЫВОДЫ**

1. Учитывая значительное разностороннее влияние технологии работы бензопилами на результаты выполнения несплошных рубок была предложена новая комплексная концепция оценки проектных решений одновременно с позиции удельных и удельно-приведенных энергозатрат, технико-экономический результата и лесоводственно-экологических последствия для лесной среды.

2. Для реализации данной концепции была предложена структура трехуровневой автоматизированной системы повышения эффективности работы бензопилами на несплошных рубках путем обоснования оптимальной технологии и организации труда, комплекта бензиномоторного инструмента, способа и параметров разработки пасек. В дальнейшем данная структура способна развиваться путем введения новых блоков, обеспечивающих совершенствование работы всей системы машин и механизмов на лесосеке.

3. По каждому обозначенному уровню решаемых задач был разработан математический аппарат, информационное и программное обеспечение [15]. Достоверность математического аппарата была подтверждена в ходе производственной проверки с отклонением  $\pm 4...8\%$ .

4. Полученное программное обеспечение (язык программирование Delphi, № гос. Регистрации 2018617824; 2019611248, 2019611250) рекомендовано к использованию на лесозаготовительных предприятиях. В настоящее время оно успешно внедрено в Московской и Тамбовской областях. По результатам внедрения наблюдается снижение на выполнении обрабатывающих операций: удельных и удельно-приведенных энергозатрат (от 4 до 9 %); общих прямых затрат (от 3 до 7%); а также лесоводственного и экологического ущерба (от 5 до 11 %).

## **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Троянов, И. Н. Повышение эффективности пиления древесины бензиномоторным инструментом [Текст] / И. Н. Троянов, В. В. Абрамов, Л. Д. Бухтояров, А. С. Черных, Д. Н. Афоничев // Лесотехнический журнал. – 2019. – Т. 9, № 1 (33). – С. 128-139.

2. Троянов, И. Н. Исследование технологических вариантов выполнения обрабатывающих операций лесосечных работ бензопилами [Текст] / И. Н. Троянов, В. В. Абрамов, Л. Д. Бухтояров, Д. Н. Афоничев, А. С. Черных, А. И. Максименков // Лесотехнический журнал. – 2019. – Т. 9, № 3 (35). – С. 114-130.

3. Chernykh, A. S. Improvement of processing operations of cutting work using gasoline-powered tools [Электронный ресурс] / A. S. Chernykh, A. I. Maksimenkov, V. V. Abramov, I. N. Troyanov, L. D. Bukhtoyarov, D. N. Afonichev // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – 2019. – Vol. 226. – 012039.

4. Troyanov, I. N. Investigation of technological variants of performing processing operations of logging works using chainsaws / I. N. Troyanov, V. V. Abramov, A. S. Chernykh, A. I. Maksimenkov // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – 2019. – Vol. 392. – 012002.

5. Bukhtoyarov, L. D. Research units of flexible working body motion, cutting branches / L. D. Bukhtoyarov, A. I. Maksimenkov, V. V. Abramov, M. N. Lysych // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – 2019. – Vol. 392. – 012073.

6. Абрамов, В. В. Разработка и обоснование эффективной технологии трелевки в малолесных районах [Текст] : дис. ... канд. Техн. Наук : 05.21.01: защищена 24.04.09 / В. В. Абрамов; Воронеж. Гос. Лесотехн. Акад. – Воронеж, 2009. – 366 с.
7. Герасимов, Ю.Ю. Лесосечные машины для рубок ухода: компьютерная система принятия решений [Текст] / Ю.Ю.Герасимов, В.С.Сюнев. – Петрозаводск: Изд-во Петрозаводского ун-та, 1998. –235 с.
8. Григорьев, И.В. Средооадающие технологии разработки лесосек в условиях Северо-Западного региона Российской Федерации [Текст] / И.В. Григорьев, А.И. Жукова, О.И. Григорьева, А.В. Иванов. – СПб.: ЛТА, 2008. – 174 с.
9. Григорьев, И.В. Основные направления обеспечения экологической безопасности лесозаготовительного производства [Текст] / И.В. Григорьев, О.И. Григорьева // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика : сборник научных трудов по материалам международной заочной научно-практической конференции / гл. ред. В. М. Бугаков ; ФГБОУ ВПО «ВГЛТА». – Воронеж, 2015. – Т. 3. № 2-1 (13-1). С. 202-205.
10. Григорьев, И.В. Современные концепции лесопользования [Текст] / И.В. Григорьев, О.А. Куницкая // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика : сборник научных трудов по материалам международной заочной научно-практической конференции / гл. ред. В. М. Бугаков ; ФГБОУ ВПО «ВГЛТА». – Воронеж, 2015. – Т. 3. № 2-2 (13-2). С. 212-215.
11. Заикин, А.Н. Теория, методы и модели интенсификации лесосечных работ [Текст] / А.Н. Заикин. – Брянск: БГИТА, 2009. – 212 с.
12. Заикин, А.Н. Математическое моделирование режимов работы лесосечных машин [Текст] / А.Н. Заикин // Вестник МГУЛ – Лесной вестник. – 2010. – № 1. – С. 69–75.
13. Пошарников, Ф. В. Моделирование природных условий горной местности при исследовании первичного транспорта леса [Текст] / Ф. В. Пошарников, В. В. Абрамов, А. В. Бондаренко // Лесотехнический журнал. – 2011. - № 2 (2). – С. 25-29.
14. Ширнин, Ю. А. Разработка ЭВМ–программы технологического процесса заготовки и переработки древесины при малообъемных рубках [Текст] / Ю.А. Ширнин, Г. М. Муратшин. – Йошкар-Ола, 2004. – 14 с.
15. Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ № 2019611250. Программа для обоснования технологических вариантов выполнения обрабатывающих операций бензиномоторным инструментом [Текст] / Л. Д. Бухтояров, А. С. Черных, Д. Н. Афоничев, В. В. Абрамов, И. Н. Троянов, И. А. Марчуков ; заявитель и правообладатель: ФГБОУ ВО «ВГЛТУ им. Г.Ф. Морозова» . – заявл. 10.01.2019; опубл. 23.01.2019.