

ПОДДЕРЖКА ВЫБОРА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СХЕМЫ РАЗРАБОТКИ ЛЕСОСЕКИ С ПОМОЩЬЮ ИМИТАЦИОННОЙ МОДЕЛИ

А.П. Соколов, д. т. н., профессор

ФГБОУ ВО «Петрозаводский государственный университет»,
Пр. Ленина, 33, Петрозавоск, 185910, Российская Федерация
E-mail: a_sokolov@petrsu.ru

Статья посвящена описанию решения задачи выбора технологической схемы разработки лесосеки системой машин харвестер+форвардер, с использованием имитационного моделирования на сетях Петри. Приведены результаты моделирования и совершенствования технологического процесса на примере конкретной деланки. В результате выполненного исследования было рекомендовано внести изменение в технологию разработки лесосеки, заключающееся в том, что харвестер будет начинать работу не с ближних по отношению к погрузочной площадке пасек, а с дальних, находящихся в конце магистрального волока. Моделирование, выполненное после внесения в модель изменений, показало, что в случае перехода к предлагаемой технологии разработки лесосек, может быть достигнут рост производительности комплекса машин на 2,3%.

Ключевые слова: заготовка древесины, харвестер, форвардер, имитационное моделирование, сети Петри

A DECISION SUPPORT METHOD FOR WOOD HARVESTING TECHNOLOGICAL SCHEME CHOICE

A.P. Sokolov, DSc., Professor

Petrozavodsk State Univerity
33, Lenin av., Petrozavosk, 185910, Russian Federation
E-mail: a_sokolov@petrsu.ru

A decision support method for shortwood harvesting technological scheme choice, based on simulation modeling on Petri Nets is described in the article. The results of the modeling and improving the technology on the example of a specific harvesting site are presented. As a result of the study, it was recommended to change the technology so that the harvester will begin harvesting not from the trails closest to the loading area, but from the distant ones located at the end of the main trail. The modeling provided after changes in the model showed that in the case of the use of the proposed technology, an increase in productivity of the machinery set by 2.3% can be achieved.

Keywords: wood harvesting, harvester, forwarder, simulation modeling, Petri Nets

При правильном учете особенностей природно-производственных условий, в которых выполняются работы по заготовке древесины, а можно добиться существенного роста эффективности производственных процессов путем обоснованного выбора технологической схемы разработки лесосек. [3-5]. Частным случаем неоднородности условий является то, что довольно часто встречаются лесосеки неправильной формы, что делает нетривиальной задачу выбора технологической схемы разработки таких лесосек. В настоящей статье приведены результаты имитационного моделирования заготовки древесины в случае делянки неправильной формы с магистральным волоком значительной протяженности.

Методы и средства, использовавшиеся для решения поставленной задачи подробно описаны в работах [1, 2]. В основу метода положено дискретно-событийное имитационное моделирование, на маркированных сетях Петри [6].

Параметры модели были заданы на основе реальных данных о производительности работы лесосечных машин, собранных на конкретной исследуемой лесосеке. Особенностью рассматриваемой лесосеки является то, что она отделена от погрузочной площадки старой вырубкой, которую форвардер должен миновать, прежде чем он достигнет самой делянки, в следствие чего увеличивается расстояние трелевки (рис. 1). Таким образом, длина магистрального волока достигает 1 км. Средний объем хлыста составлял $0,39 \text{ м}^3$, общий запас древесины – 8100 м^3 , расстояние трелевки от 200 до 1000 м.

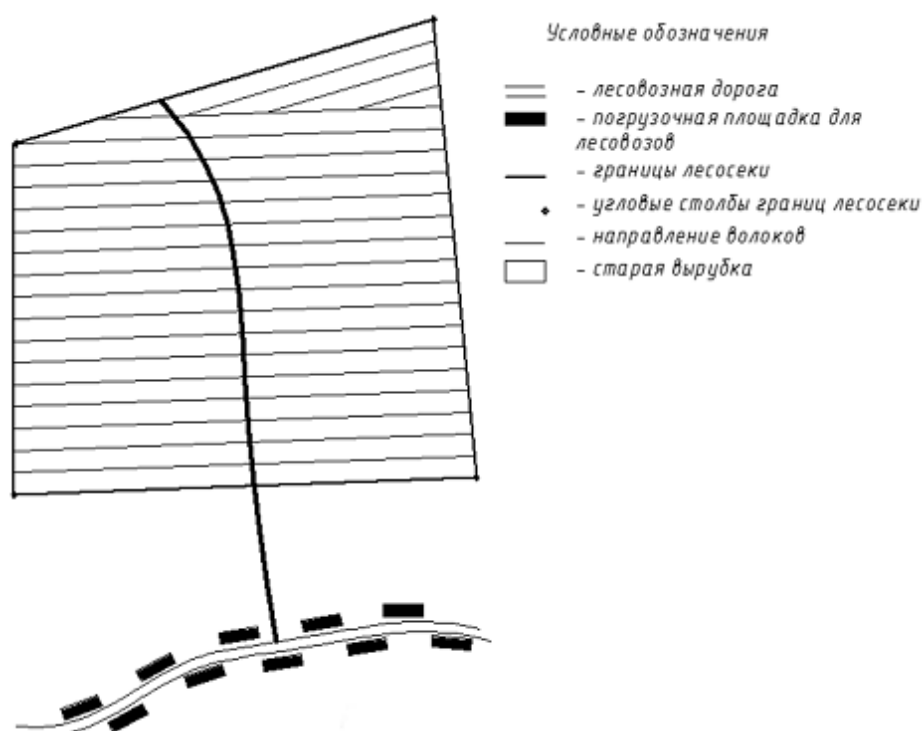


Рисунок 1 – Схема лесосеки

Заготовка древесины на данной лесосеке осуществлялась с помощью харвестера Komatsu 931 и форвардера Komatsu 890.3. Средняя производительность харвестера составила 231 куб. м. в смену. Средняя производительность форвардера зависит от расстояния трелевки. При расстоянии трелевки 200...400 метров она составляла 301 куб. м. в смену; при расстоянии 400...600 метров – 259,5 куб. м. в смену; при расстоянии 600...800 метров – 231 куб. м. в смену; при расстоянии 800...1000 метров – 205,5 куб. м. в смену. Средний объем древесины, перемещаемой форвардером за один раз, составлял $17,3 \text{ м}^3$.

В результате имитационного моделирования было определено, что на полное освоение лесосеки, требуется 355,6 часа. При этом загрузка машин оказалась неодинаковой. Простой харвестера по технологическим причинам составил 3% времени, форвардера – 7%. В условиях рассматриваемой лесосеки большее значение имеет не абсолютная величина простоя, а распределение его во времени.

Оказалось, что простой форвардера наблюдался в течение первых нескольких дней работы комплекса на лесосеке, а единственный продолжительный период простоя харвестера – в самом конце работ. Это связано с постоянно уменьшающейся производительностью форвардера, вследствие увеличивающегося расстояния трелевки.

В начальной стадии процесса освоения лесосеки производительность форвардера немного превышает производительность харвестера, что приводит к периодическим остановкам форвардера. В средней стадии производительности машин примерно равны. Таким образом, в этих двух стадиях роста объемов древесины, накапливающейся на волоках, не происходит. Однако в последней стадии процесса производительность форвардера становится меньше производительности харвестера, что приводит к постепенному увеличению запаса древесины на волоках, который к моменту завершения работы харвестера превышает 180 куб. м.

Таким образом, в результате имитационного моделирования было выявлено сравнительно неэффективное использование машин, входящих в комплекс (общий простой двух машин составил 33,5 часа).

Было выдвинуто предположение, что достичь более равномерной загрузки машин и увеличить производительность комплекса можно путем изменения технологии разработки лесосеки заключающемся в том, что харвестер будет начинать работу не с ближних по отношению к погрузочной площадке пасек, а с дальних, находящихся в конце магистрального волока. Для проверки этого предположения в модель были внесены соответствующие изменения.

Выполненное моделирование показало, что в данном случае общее время, требуемое для выполнения лесозаготовительных работ на лесосеке, составляет 347,3 часа, что на 8,3 часа меньше, чем в исходном случае. Загрузка машин становится равномерной и приближается к 100%.

Было определено, что в случае перехода к предлагаемой технологии разработки лесосек, может быть достигнут рост производительности комплекса машин харвестер+форвардер на 2,3% за счет сокращения суммарного простоя машин. Можно рекомендовать применение такой технологии в случае лесосек с магистральным волоком значительной протяженности. Таким образом, при решении реальной производственной задачи была доказана эффективность предлагаемого подхода к оценке вариантов технологических решений на заготовке древесины.

Библиографический список

1. Соколов А. П., Осипов Е. В. Имитационное моделирование производственного процесса заготовки древесины с помощью сетей Петри // Лесотехнический журнал. – 2017. – Т.7, №3. – С. 307-314.
2. Соколов А.П., Осипов Е. В. Обоснование технологии заготовки древесины с помощью имитационного моделирования на сетях Петри // Лесотехнический журнал. - Воронеж, 2018. - Т.8, №.1. - С.111-119.
3. Ширнин Ю. А., Роженцова Н. И. Моделирование процедуры выбора технологий рубок леса с использованием ГИС // Вестник Марийского государственного технического университета. Серия: Лес. Экология. Природопользование. - 2007. - № 1. - С. 40-49.
4. Шегельман, И. Р., Скрыпник В. И., Кузнецов А. В. Анализ показателей работы и оценка эффективности лесозаготовительных машин в различных природно-производственных условиях // Ученые записки ПетрГУ. – 2010. – № 4. – С. 66-75.
5. Gerasimov Y., Sokolov A. Syunev V. Development trends and future prospects of cut-to-length machinery // Advanced Materials Research. – 2013. – V. 705. – P. 468-473.
6. Jensen K., Kristensen L.M., Wells L. Coloured Petri Nets and CPN Tools for Modelling and Validation of Concurrent Systems // International Journal on Software Tools for Technology Transfer. - 2007. – Vol. 9, Issue 3–4. - P. 213–254.