

**С.М. Базаров, Ю.И. Беленький, Ф.В. Свойкин, В.Ф. Свойкин,
Т.М.Д. Бальде**

СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОИЗВОДСТВА СОРТИМЕНТОВ НА БАЗЕ ВСРМ

Введение. Современная машинная скандинавская технология производства сортиментов на лесосеке состоит из валочно-сучкорезно-раскряжевочной машины (ВСРМ), выполняющей валку деревьев, обрезку сучьев, раскряжевку, формирование микропачки сортиментов на первом этапе [Walsh, 2012; Blagojević и др., 2019] и первичную вывозку заготовленных сортиментов колесным сортиментоподборщиком (КС) на втором [Евдокимов, Кормщикова, 2007; Свойкин, Евдокимов, Шостак, 2002]. С позиции системного подхода [Базаров, Беленький, Соловьев, 2018] система лесных машин для скандинавской технологии заготовки сортиментов «ВСРМ+КС» образует единую технологическую структуру, связанную единым функциональным временем производства¹.

При существующем среднестатистическом общепринятом подходе производительность сортиментов ВСРМ определяется по формуле [Дербин, Дербин, 2015; Свойкин, Молчанова, 2014; Свойкин и др., 2019; Свойкин и др., 2020; Drushka, Konttinen, 1997; Fleischer, 2009] ($П_ч$), м³/ч, [Валяженков, Григорьев, 2009; Кочегаров, Бит, 1990; Шегельман, Скрыпник, Галактионов, 2005]²

$$П_ч = \frac{3600 \cdot V_n \cdot \varphi_2}{T_ц}, \quad (1)$$

где φ_2 – коэффициент использования расчетного объема пачки сортиментов (0,8...0,9); V_n – средний объем хлыста, м³; $T_ц$ – время цикла выполняемых операций, с.

¹ Гладков Е.Г., Фаст В.И. Моделирование и оптимизация процессов лесозаготовок: учеб. пособие для студ. вузов. СПб.: СПбГЛТА:1994. 45 с.

² Шегельман И.Р., Скрыпник В.И., Галактионов О.Н. Лесосечные работы с применением валочно-пакетирующих, валочно-трелевочных и бесчokerных машин: учебное пособие для студентов вузов лесоинженерного профиля и специалистов. Петрозаводск: Изд-во ПетрГУ, 2013. 272 с.

Время цикла определяется по формуле:

$$T_{\text{ц}} = t_1 + t_2 + t_3 + t_4 + t_5 + t_6 + t_7, \quad (2)$$

где t_1 , – время наведения харвестерной головки (ХГ) на дерево и его захват, с; t_2 – время захвата дерева ХГ, с; t_3 – время срезания и сталкивания дерева, с; t_4 – время подтаскивания дерева к машине, с; t_5 – время раскрывки дерева, с; t_6 – время смены рабочей позиции, с; t_7 – время протаскивания дерева через ножевую головку, с.

С позиции системного подхода к рассматриваемому комплексу машин время цикла производства сортиментов, определяемого формулой (2), должно быть дополнено временем их складирования до момента погрузки КС.

Цель работы. Раскрытие более информативной динамической картины связности операций комплекса лесных машин «ВСПМ+КС» с позиции системного анализа и на этой основе определение производительности ВСПМ в цикле с КС.

Методика исследования. Функциональная связность подопераций операции «разгрузка» выполнена на основе хронометража работы ВСПМ Ponsse Ergo 8W [User manual, 2012]. Данные были получены в ходе работы ВСПМ на Бортомском участке Южного отделения АО «Монди СЛПК» (квартал № 561, делянка № 3, Куратовское участковое лесничество, Средняя тайга Республики Коми). Данные были получены в наиболее типичных природно-производственных условиях арендной базы предприятия: смешанный елово-березовый лес (породный состав 4Е4Б1С1П), тип леса – черничный. Схема разработки лесосеки на базе ВСПМ+КС представлена на рис. 1.

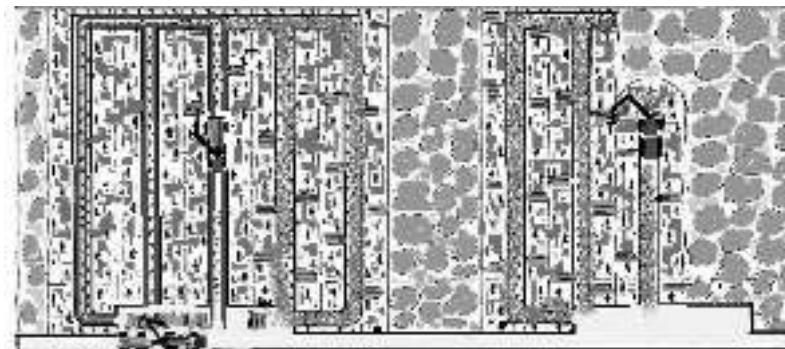


Рис. 1. Схема разработки лесосеки на базе лесных машин «ВСПМ+КС»

Fig. 1. Cutting area development scheme on the basis of forestry machines «harvester+forwarder»

Фрагмент расположения пачек сортиментов на пасеке после перемещения по волоку ВСПМ представлен на рис. 2.

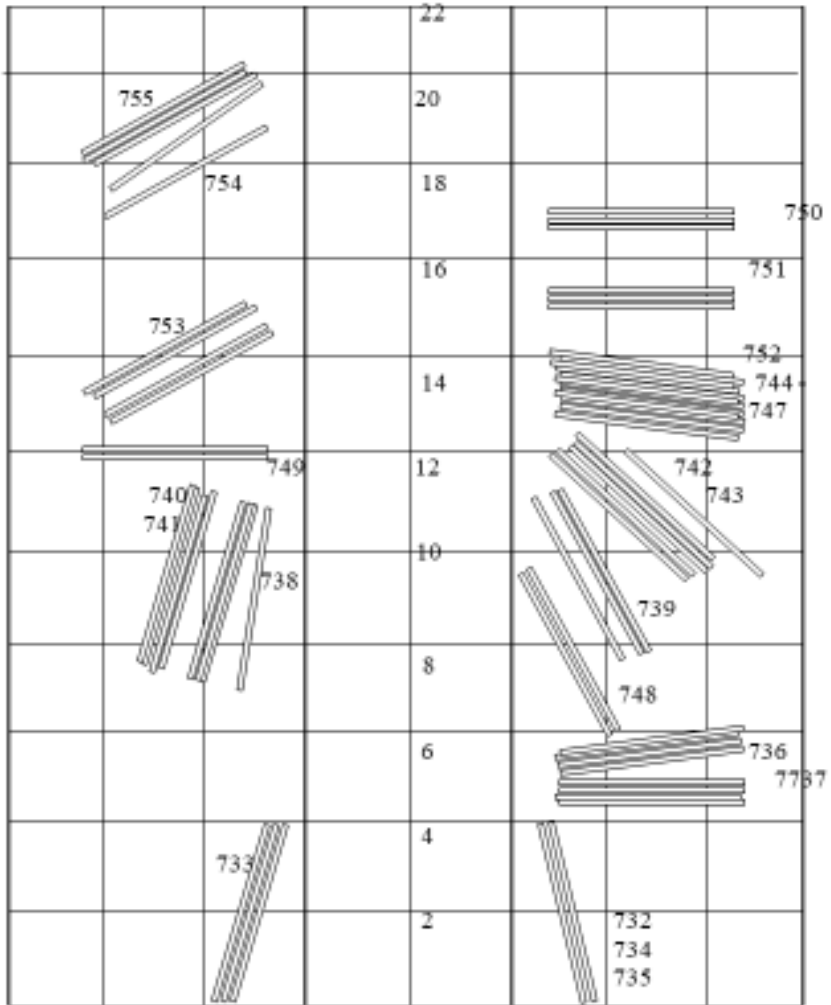


Рис. 2. Фрагмент расположения пачек сортиментов на пасеке после перемещения по волоку ВСПМ

Fig. 2. Fragment of the logs location in the cutting area after harvester moving along the skidding road

Результаты исследования. С позиции системного анализа формула (1) должна быть представлена не в виде среднестатистических представлений, а в виде связанных динамических операций, выполняемых на каждом дереве:

– производительность валки i -го дерева ($\Pi_{Вдi}$):

$$\Pi_{Вдi} = \frac{V_{дi}}{T_{дi}}, \quad (3)$$

где $V_{дi}$ – объем одного дерева, м³; $i = 1, 2, \dots, n$ – число деревьев; $T_{дi}$ – время валки дерева, с.

$$T_{дi} = t_{1i} + t_{2i} + t_{3i}; \quad (4)$$

– производительность сортиментов s -го дерева

$$\Pi_{Сi} = \frac{V_{Сi}}{T_{Сi}}, \quad (5)$$

где $V_{Сi}$ – объем сортиментов, м³; $T_{Сi}$ – время производства сортиментов, с;

– производительность вторичного сырья, сформированного из порубочных остатков:

$$\Pi_{ВСi} = \frac{V_{ВСi}}{T_{ОСi}}, \quad (6)$$

где $V_{ВСi}$ – объем вторичного сырья, м³; $T_{ОСi}$ – время производства обрезки сучьев и вершины, с;

$$V_{дi} = V_{Сi} + V_{ВСi}. \quad (6,a)$$

Производство древесины ВСРМ, представленное формулами (3)–(6), схематически можно рассматривать как двухступенчатую кибернетическую систему производства материала древесины с одного дерева (рис. 3):

На основании формул (1)–(6) функциональное время цикла работы ХГ равно

$$T_{fi} = \frac{1}{\Pi_{дi}} + \frac{1}{\Pi_{Сi} + \Pi_{ВСi}}. \quad (7)$$

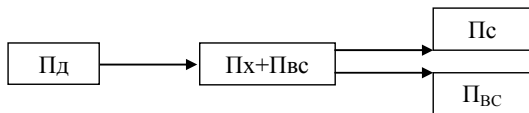


Рис. 3. Двух ступенчатая кибернетическая система производительности ВСРМ на одном дереве

Fig. 3. Two-stage cybernetic diagram of harvester performance

Отсюда производительность цикла производства древесины равна

$$\Pi_w = \frac{1}{\frac{1}{\Pi_{лi}} + \frac{1}{\Pi_{Ci} + \Pi_{BCi}}}. \quad (8)$$

Производительность выхода сортиментов с позиции системного подхода равна

$$\Pi_{uCi} = \Pi_w \cdot \gamma_i, \quad (9)$$

$$\text{где } \gamma_i = \frac{V_{Ci}}{V_{лi}},$$

и соответственно вторичного сырья

$$\Pi_{uBCi} = \Pi_w \cdot (1 - \gamma_i). \quad (9,a)$$

Производительности сортиментов в рассматриваемом цикле соответствует цепочка равенств:

$$\Pi_{uCi} = \Pi_w \cdot \gamma_i = \frac{V_{Ci}}{T_{uCi}}, \quad (10)$$

из которой следует обобщенное время производства сортиментов согласно представленной схеме кибернетической системы рис. 3:

$$T_{uCi} = \frac{V_{Ci}}{\Pi_{uCi}}. \quad (11)$$

Соответственно обобщенное время производства вторичного сырья равно

$$T_{uBCi} = \frac{V_{BCi}}{\Pi_{uBCi}}, \quad (11,a)$$

Согласно технологической схеме (рис. 1) расстояние цикла связной работы ВСРМ+КС обозначим через L . На расстоянии L ВСРМ последовательно обрабатывает n деревьев.

Математическая модель цикла динамической картины работы «ВСРМ+КС» на расстоянии L состоит из двух фаз: 1-й, состоящей из валки-обрезки сучьев-раскряжевки-первичной сортировки древесины и 2-й – ожидания подбора произведенной древесины КС. В рассматриваемых условиях производительность ВСРМ, соответствующая i -му дереву равна

$$\Pi_{uCi} = \Pi_w \cdot \gamma_i = \frac{V_{Ci}}{T_{uCi} + T_{C_i}}, \quad (12)$$

где T_{C_i} – время складирования произведенной древесины (время ожидания подбора древесины КС); $i = 1, 2, 3, \dots, n$ – число деревьев.

Время складирования произведенной древесины равно

$$T_{Ci} = T_{uci} + \sum_{i=1}^n T_{di} + \sum_{i=1}^{n-1} T_{li}, \quad (13)$$

где $i = 1, 2, \dots, n$ – число деревьев;

$\sum_{i=1}^n T_{di}$ – время перехода от одного дерева к другому (время шага).

Тогда производительность Π_{uci}

$$\Pi_{uci} = \frac{V_{ci}}{T_{uci} + \sum_{i=1}^n T_{di} + \sum_{i=1}^{n-1} T_{li}}. \quad (14)$$

И функциональное время производства 1 м^3 древесины T_{ci} на данной позиции равняется

$$T_{ci} = \frac{1}{\frac{V_{ci}}{T_{uci} + \sum_{i=1}^n T_{di} + \sum_{i=1}^{n-1} T_{li}}}, \quad (15)$$

Тогда функциональное время производства 1 м^3 древесины в рассматриваемом цикле (T_C) равно

$$T_C = \frac{1}{\frac{V_{c1}}{T_{uc1} + \sum_{i=1}^n T_{d1} + \sum_{i=1}^{n-1} T_{l1}}} + \frac{1}{\frac{V_{c2}}{T_{uc2} + \sum_{i=2}^n T_{d2} + \sum_{i=2}^{n-1} T_{l2}}} + \frac{1}{\frac{V_{cn-1}}{T_{ucn-1} + \sum_{i=n-1}^n T_{dn-1} + T_{dn-1}}} + \frac{1}{\frac{V_{cn}}{T_{цлn}}}, \quad (16)$$

На основании формулы (16) производительность сортиментов ВСРМ в рассматриваемом цикле (Π_C) равна

$$\Pi_C = \frac{1}{T_C} = \left(\frac{1}{\frac{V_{c1}}{T_{uc1} + \sum_{i=1}^n T_{d1} + \sum_{i=1}^{n-1} T_{l1}}} + \frac{1}{\frac{V_{c2}}{T_{uc2} + \sum_{i=2}^n T_{d2} + \sum_{i=2}^{n-1} T_{l2}}} + \dots + \frac{1}{\frac{V_{cn-1}}{T_{ucn-1} + \sum_{i=n-1}^n T_{dn-1} + T_{dn-1}}} + \frac{1}{\frac{V_{cn}}{T_{цлn}}} \right)^{-1}. \quad (17)$$

Соответственно для производительности ВСРМ вторичного сырья (P_{BC}) получаем формулу

$$P_{BC} = \frac{1}{T_{BC}} = \left(\frac{1}{\frac{V_{BC1}}{T_{BC1} + \sum_{i=1}^n T_{д1} + \sum_{i=1}^{n-1} T_{д1}}} + \frac{1}{\frac{V_{BC2}}{T_{BC2} + \sum_{i=2}^n T_{д2} + \sum_{i=2}^{n-1} T_{д2}}} + \right. \\ \left. + \frac{1}{\frac{V_{BCn-1}}{T_{BCn-1} + \sum_{i=n-1}^n T_{дn-1} + T_{дn-1}}} + \frac{1}{\frac{V_{BCn}}{T_{цдn}}} \right)^{-1}, \quad (18)$$

Заключение. На основании более глубокого анализа динамики цикла производства вторичного сырья и сортиментов ВСРМ в комплексе «ВСРМ+КС» с позиции системного анализа построена математическая модель расчета производительности древесных материалов, получаемых из деревьев в двух подоперационном последовательном представлении: валка дерева и обрезка сучьев-раскряжевка, выполняемых одной ХГ. В рассматриваемом комплексе производительность ВСРМ определяется на основе суммирования технологического времени производства древесины и времени её хранения до подбора КС.

Суммарное функциональное время производства единицы труда выполняемыми подоперациями и её хранение для всех деревьев в цикле становится тем основным связующим параметром, который позволяет представлять динамику процесса как единую глубоко интегрированную производственную структуру.

Библиографический список

Базаров С.М., Беленький Ю.И., Соловьев А.Н. Основы системного анализа производственных процессов. СПб.: СПбГЛТУ, 2018. 60 с.

Валяженков В.Д., Григорьев И.В. Современные машины и технологические процессы лесосечных работ. СПб.: СПбГЛТА, 2009. 288 с.

Дербин В.М., Дербин М.В. Совершенствование сортиментной заготовки древесины // Лесотехнический журнал. 2015. Т.5. № 1 (17). С. 128–135. DOI: 10.12737/11270. URL: http://lestehjournal.ru/sites/default/files/journal_pdf/128-135.pdf

Евдокимов Б.П., Кормищикова З.И. Зарубежные лесные машины: монография. Сыктывкар: СЛИ, 2007. 161 с.

Кочегаров В.Г., Бит Ю.А. Технология и машины лесосечных работ. М.: Лесн. пром-сть, 1990. 392 с.

Свойкин В.Ф., Евдокимов Б.П., Шостак М.Н. Рациональное лесопользование в Республике Коми // Сборник научных трудов №5 / под общ. ред. Н.Д. Цхада. Ухта: УГТУ, 2002. С.100–105. ISB №5 – 88179-183-5

Свойкин В.Ф., Молчанова А.А. Исследование производительности лесных машин // Февральские чтения: сб. матер. науч.-практ. конф. профессорско-преподавательского состава Сыктывкарского лесного института по итогам научно-исследовательской работы в 2013 году. Сыктывкар: СЛИ, 2014. С. 370–373.

Свойкин В.Ф., Молчанова А.А. Исследование производительности трелевочной машины в средней тайге Республики Коми // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. 2014. Т. 2. № 5-4 (10-4). С. 275–279.

Свойкин Ф.В., Кацадзе В.А., Бирман А.Р., Свойкин В.Ф., Угрюмов С.А. Планирование рациональных объемов лесозаготовок в зимний заготовительный период для многооперационных лесосечных машин в средней тайге республики Коми // Ремонт. Восстановление. Модернизация: производственный, научно-технический и учебно-методический журнал. 2019. № 12. С. 40–43. DOI: 10.31044/1684-2561-2019-0-12-40-43

Свойкин Ф.В., Кацадзе В.А., Бирман А.Р., Свойкин В.Ф., Угрюмов С.А. Сравнение производительности систем лесосечных машин. Ремонт. Восстановление. Модернизация: производственный, научно-технический и учебно-методический журнал. М.: Наука и технологии, 2020. №3. С. 40–44. DOI: 10.31044/1684-2561-2020-0-3-40-44

Шегельман И.Р., Скрытник В.И., Галактионов О.Н. Техническое оснащение современных лесозаготовок. СПб.: ПРОФИ-ИНФОРМ, 2005. 344 с.

Blagojević B., Jonsson R., Björheden R., Nordström E.-M., Lindross O. Multi-Criteria Decision Analysis (MCDA) in forest operations – an introductory review // Croatian Journal of Forest Engineering. 2019. No. 40. P. 191–201.

Drushka K., Konttinen H. Tracks in the Forest. The Evolution of Logging Machinery. Timberjack Group. Helsinki, 1997. 253 p.

Fleischer, M. Geschichte der Holzernte in Handarbeit. Proekte Verlag Cornelius GmbH, Halle/S. 1. Auflage, 2009. 212 p.

User Manual. *Operator book Ponsse Buffalo (8WD)* (Finland: Ponsse Oyj), 2012. P 181.

Walsh D. Quantifying the value recovery improvement using a harvester optimizer. CRC for Forestry Bulletin. 2012. No. 26. 4 p.

References

Bazarov S.M., Belenkij Yu.I., Soloviov A.N. Fundamentals of system analysis of production processes. Spb., SPbFTU publ., 2018. 60 p. (In Russ.)

Blagojević B., Jonsson R., Björheden R., Nordström E.-M., Lindross O. Multi-Criteria Decision Analysis (MCDA) in forest operations – an introductory review. *Croatian Journal of Forest Engineering*, 2019, 40, pp. 191–201.

Derbin V.M., Derbin M.V. Improving cut-to-length timber. *Forest Engineering Journal*. 2015, vol. 5, no. 1(17), Voronezh, VGLTU publ., pp. 128-135. DOI: 10.12737/11270, URL: http://lestehjournal.ru/sites/default/files/journal_pdf/128-135.pdf (In Russ.)

Drushka K., Kontinen H. Tracks in the Forest. The Evolution of Logging Machinery. Timberjack Group. Helsinki, 1997. 253 p.

Evdokimov B.P., Kormshchikova Z.I. Foreign forest machines: monograph. Syktyvkar: SLI, 2007, 161 p. (In Russ.)

Fleischer, M. Geschichte der Holzernte in Handarbeit. Proekte Verlag Cornelius GmbH, Halle / S.1. Auflage, 2009. 212 p.

Kochegarov V.G., Bit Yu.A. Technology and machines of logging operations. Moscow, Lesnaya promyshlennost publ., 1990. 392 p. (In Russ.)

Shegelman I.R., Skrypnik V.I., Galaktionov O.N. Technical equipment for modern logging. SPb.: PROFI-INFORM, 2005. 344 p. (In Russ.)

Svoikin F.V., Katsadze V.A., Birman A.R., Svoikin V.F., Ugryumov S.A. Comparison of the performance of logging machines. *Repairs. Recovery. Modernization.* 2020, no. 3, pp. 40–44. DOI: 10.31044/1684-2561-2020-0-3-40-44. (In Russ.)

Svoikin F.V., Katsadze V.A., Birman A.R., Svoikin V.F., Ugryumov S.A. Planning of rational volumes of logging in the winter harvesting period for multioperation logging machines in the middle taiga of the Komi Republic. *Repairs. Recovery. Modernization.* 2019, no. 12, pp. 40–43. DOI: 10.31044/1684-2561-2019-0-12-40-43 (In Russ.)

Svoykin V.F., Evdokimov B.P., Shostak M.N. Rational forest management in the Komi Republic. Collection of scientific papers no. 5 / under total. ed. N.D. Tskhadaya. Ukhta: USTU, 2002, pp. 100–105. (In Russ.)

Svoykin V.F., Molchanova A.A. Research of productivity of forest machines. *February readings.* Collection of materials of the scientific-practical conference of the teaching staff of the Syktyvkar Forestry Institute based on the results of research work in 2013. Syktyvkar: SLI publ., 2014, pp. 370–373. (In Russ.)

Svoykin V.F., Molchanova A.A. Research of the skidder performance in the middle taiga of the Komi Republic. *Actual directions of scientific research of the XXI century: theory and practice*, 2014, vol. 2, no. 5-4 (10-4), pp. 275–279. (In Russ.)

Valyazhenkov V.D., Grigoriev I.V. Modern machines and technological processes of logging operations. SPb.: SPbGLTA publ., 2009. 288 p. (In Russ.)

User Manual. *Operator book Ponsse Buffalo (8WD)* (Finland: Ponsse Oyj), 2012, p. 181.

Walsh D. Quantifying the value recovery improvement using a harvester optimiser. *CRC for Forestry Bulletin*, 2012, no. 26 4 p.

Материал поступил в редакцию 03.11.2020

Базаров С.М., Беленький Ю.И., Свойкин Ф.В., Свойкин В.Ф., Бальде Т.М.Д. Системный анализ технологической эффективности производства сортиментов на базе ВСПМ // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. 2020. Вып. 233. С. 177–188. DOI: 10.21266/2079-4304.2020.233.177-188

Системный анализ позволяет выстраивать единое функциональное пространство-время выполнения производственных операций для различных

уровней связности технологических процессов. В основе скандинавской технологии лежит комплекс машин «ВСРМ + КС», связанных циклом производства. Современные ВСРМ главным образом являются одномодульными (однозахватными): все операции (валка дерева, обрезка сучьев, раскряжевка, обмер, подсортировка) выполняются одной ХГ, расположенной на конце манипулятора. Валка дерева начинается с подведения валочной головки к стволу дерева, средние деревья валят одним пропилом. При рубках главного пользования порубочные остатки складывают на волок под машину. При новой тенденции порубочные остатки собирают для производства энергетического топлива. Для ВСРМ отметим следующие четыре фазы (подоперации) работы: 1 – перемещение с одной стоянки на другую, 2 – подведение валочной головки к дереву, пропил и валка, 3 – обрезка сучьев и раскряжевка, 4 – подсортировка. Во второй фазе работы время пропила и объем дерева определяют производительность производства деревьев. В третьей фазе время обрезки сучьев и их объем определяют производительность производства вторичного сырья; время раскряжевки и объем сортиментов определяют производительность производства сортиментов. Таким образом, работу валочной головки ВСРМ можно рассматривать как двухступенчатый процесс, как систему подопераций, связанных единым функциональным временем производства единицы предмета труда (1 м^3 материала древесины). Это суммарное функциональное время, в конечном итоге, определяет производительность производства вторичного сырья и сортиментов для каждого дерева. В цикле «ВСРМ+КС» производительность производства материала древесины с каждого дерева определяется на основании суммарного функционального времени работы валочной головки и времени ожидания подбора древесины КС. Системный подход к оценке технологической эффективности операций лесозаготовительных машин в цикле их связности дает более информативную картину динамики связности процессов производства как единой пространственно-временной структуры. Это дает возможность более объективно формулировать технологическую эффективность.

Ключевые слова: время, производительность, цикл, операция, ступени.

Bazarov S.M., Belenkii Yu.I., Svoikin F.V., Svoikin V.F., Balde T.M.D. System analysis of the wheel forwarder's technological efficiency on the unloading operation. *Izvestia Sankt-Peterburgskoj Lesotehniceskoi Akademii*, 2020, is. 233, pp. 177–188 (in Russian with English summary). DOI: 10.21266/2079-4304.2020.233.177-188

System analysis allows you to build a single functional space – the time of production operations for different levels of connectivity of technological processes. The Scandinavian technology is based on a complex of «harvester + forwarder» machines connected by a production cycle. Modern harvester are mainly single-module (single-grip): all operations (felling wood, pruning branches, bucking and measuring, sub-sorting) are performed with a single harvester head located at the end of the manipulator. Tree felling begins with bringing the felling head to the tree, medium trees are felled with one cut. When cutting down the main use, the felling

remains are put on a skidding road under the machine. Under the new trend, felling residues are collected for the production of fuel wood. For harvester, we note the following four phases (sub-operations) of work: 1 – moving from one Parking lot to another, 2 – bringing the felling head to the tree, cutting and felling, 3 – delimiting and bucking, 4 – sub-sorting. In the second phase of operation, the cutting time and volume of wood determine the productivity of tree production. In the third phase, the time of cutting branches and their volume determine the production capacity of secondary raw materials; the bucking time and the amount of sorting determine the productivity of sorting production. Thus, the work of the felling head can be considered forwarder a two-step process, as a system of sub-operations associated with a single functional time of production of a unit of labor (1 m³ of wood material). This total functional time ultimately determines the productivity of secondary raw material production and sorting for each tree. In the «harvester+forwarder» cycle, the production capacity of wood material from each tree is determined based on the total functional time: the working time of the felling head and the waiting time for the selection of wood from the forwarder. A systematic approach to evaluating the technological efficiency of forestry machines in the cycle of their connectivity provides a more informative picture of the dynamics of connectivity of production processes as a single space-time structure. This makes it possible to formulate technological efficiency more objectively.

Key words: time, performance, cycle, operation, stages.

БАЗАРОВ Сергей Михайлович – старший научный сотрудник, профессор кафедры технологических процессов и машин лесного комплекса Санкт-Петербургского государственного лесотехнического университета имени С.М. Кирова, доктор технических наук. ResearcherID: AAW-5363-2020. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1605-5834>.

194021, Институтский пер. д. 5, лит. У, Санкт-Петербург, Россия. E-mail: s.bazarow@yandex.ru

BAZAROV Sergei M. – DSc (Technical), Professor of the Technological processes and machines of the forest complex department, St.Petersburg State Forest Technical University. ResearcherID: AAW-5363-2020. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1605-5834>.

194021, Institutsky per. 5. Let. U. St. Petersburg. Russia. E-mail: s.bazarow@yandex.ru

БЕЛЕНЬКИЙ Юрий Иванович – зав. каф. технологических процессов и машин лесного комплекса Санкт-Петербургского государственного лесотехнического университета имени С.М. Кирова, доктор технических наук. ResearcherID: AAX-2680-2020. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4170-3664>.

194021, Институтский пер., д. 5, Санкт-Петербург, Россия. E-mail: 2000zalom@gmail.com

BELENKII Yuri I. – DSc (Technical), chair of the Technological processes and machines forest complex department of St.Petersburg State Forest Technical University. ResearcherID: AAX-2680-2020. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4170-3664>.

194021. Institute per. 5. St. Petersburg. Russia. E-mail: 2000zalom@gmail.com

СВОЙКИН Федор Владимирович – доцент кафедры технологических процессов и машин лесного комплекса Санкт-Петербургского государственного лесотехнического университета имени С.М. Кирова, кандидат технических наук. SPIN-код: 8938-6910. ResearcherID: AAC-4074-2020. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8507-9584>.

194021, Институтский пер. д. 5, лит. У, Санкт-Петербург, Россия. E-mail: svoykin_fv@mail.ru

SVOIKIN Fedor V. – PhD (Technical), associate professor of Technological processes and machines forest complex department, St.Petersburg State Forest Technical University. SPIN-code: 8938-6910. ResearcherID: AAC-4074-2020. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8507-9584>.

194021. Institutsky per. 5. Let. U. St. Petersburg. Russia. E-mail: svoykin_fv@mail.ru

СВОЙКИН Владимир Федорович – доцент, зав. кафедрой технологических, транспортных машин и оборудования Сыктывкарского лесного института (филиал) Санкт-Петербургского государственного лесотехнического университета имени С.М. Кирова, кандидат технических наук. ResearcherID: AAQ-8212-2020. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8989-4626>.

167982, ул. Ленина, д. 39, г. Сыктывкар, Россия. E-mail: svoykinvf@mail.ru

SVOIKIN Vladimir F. – PhD (Technical), associate professor, chair of the technological, transport machines and equipment department, Syktyvkar Forestry Institute (branch) of St.Petersburg State Forest Technical University. ResearcherID: AAQ-8212-2020. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8989-4626>.

167982. Lenina str. 39. Syktyvkar. Russia. E-mail: svoykinvf@mail.ru

БАЛЬДЕ Тьерно Мамаду Джюльде – аспирант Санкт-Петербургского государственного лесотехнического университета имени С.М. Кирова. ResearcherID: AAW-5629-2020. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4536-0133>.

194021, Институтский пер. д. 5, лит. У, Санкт-Петербург, Россия. E-mail: tmdbalde@yahoo.fr

BALDE Thierno M.D. – PhD student of St.Petersburg State Forest Technical University. ResearcherID: AAW-5629-2020. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4536-0133>.

194021. Institutsky per. 5. Let. U. St. Petersburg. Russia. E-mail: tmdbalde@yahoo.fr