

## 2. ТЕХНОЛОГИЯ И ОБОРУДОВАНИЕ ЛЕСОЗАГОТОВОК

---

УДК 630

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

### СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОПЕРАЦИИ РАЗГРУЗКИ КОЛЕСНОГО СОРТИМЕНТОПОДБОРЩИКА

*Введение.* Согласно сложившимся представлениям [Базаров, Беленький, Соловьев, 2018], системный подход к оптимизации технологической эффективности работы лесозаготовительной техники является актуальным не только для комплексов лесных машин, но и их отдельных операций. При этом предполагается замена среднестатистической оценки операций более информационно насыщенной картиной их глубокой интегрированной связности. Математический аппарат системного анализа [Базаров, Беленький, Соловьев, 2018] приводит к необходимости связать дифференцированный и интегрированный анализ от начальной подоперации до конечной в единую динамическую картину технологического процесса. Из среднестатистического представления протекания технологического процесса известна формула часовой производительности ( $\Pi_{\text{ч}}$ ), м<sup>3</sup>/ч, колесного сортиментоподборщика (основной лесной машины для первичной вывозки сортиментов) [Дербин, Дербин, 2015; Свойкин, Молчанова, 2014; Свойкин и др., 2019; Свойкин и др., 2020; Drushka, Konttinen, 1997; Fleischer, 2009; Валяженков, Григорьев, 2009; Кочегаров, Бит, 1990; Шегельман, Скрыпник, Галактионов, 2013; Шегельман, Скрыпник, Галактионов, 2005]:

$$\Pi_{\text{ч}} = 3600V_{\text{п}}\varphi_2 / T_{\text{ц}}, \quad (1)$$

где  $\varphi_2$  – коэффициент использования расчетного объема пачки сортиментов (0,8...0,9);  $V_{\text{п}}$  – объем пачки сортиментов, м<sup>3</sup>;  $T_{\text{ц}}$  – время цикла трелевки пачки сортиментов, с.

Время цикла трелевки пачки леса определяется по формуле:

$$T_{\text{ц}} = T_A + T_B + T_C + \dots + T_I + T_K + T_{\text{раз}} + T_n, \quad (2)$$

где  $T_A, T_B, T_C, \dots, T_n$  – время погрузки пачки сортиментов в грузовой отсек, с;  $T_{\text{раз}}$  – время выгрузки сортиментов в штабель, с.

Время погрузки пачки сортимента равняется:

$$T_n = p_1 + p_2 + p_3 + p_4 + \dots + p_n, \quad (3)$$

где  $p_1, \dots, p_n$  – время технологических операций, с.

Время технологических операций определим по формуле

$$p_n = t_3 + t_4 + t_5 + t_6 + t_7 + \dots + t_{14} + t_{15} + t_{16} + t_{17} + t_{18}, \quad (4)$$

где  $t_3$  – перемещение захвата в сторону сортимента, с;  $t_4$  – захват сортимента на земле, с;  $t_5$  – сортировка сортимента, с;  $t_6$  – выравнивание пачки, с;  $t_7$  – перемещение пачки в грузовой отсек, с;  $t_8$  – укладка сортимента в грузовой отсек, с;  $t_9$  – установка манипулятора в транспортное положение, с;  $t_{10}$  – движение по волоку вдоль погрузочной площадки, с;  $t_{11}$  – подбор подкладки, с;  $t_{12}$  – укладка подкладки, с;  $t_{13}$  – подготовка площадей под штабель, с;  $t_{14}$  – захват сортимента в грузовом отсеке, с;  $t_{15}$  – перемещение сортимента к штабелю, с;  $t_{16}$  – укладка сортимента в штабель, с;  $t_{17}$  – перемещение захвата в грузовой отсек, с;  $t_{18}$  – переезд с одной технологической остановки на другую, с.

Цель работы – переход от среднестатистической параметрической оценки производительности к раскрытию картины функционального пространства-времени, в котором происходят динамически связанные подоперации.

*Методика исследования.* Функциональная связность подопераций операции «разгрузка» выполнена на основе хронометража работы колесного сортиментоподборщика Ponsse Buffalo 8W [User manual, 2012]. Данные были получены в ходе работы КС на Бортомском участке Южного отделения АО «Монди СЛПК» (квартал № 561, делянка № 3, Куратовское лесничество, средняя тайга Республики Коми) в наиболее типичных природно-производственных условиях арендной базы предприятия: смешанный елово-березовый лес (породный состав 4Е4Б1С1П), тип леса – черничный. Схема перемещения по лесосеке и затрат времени колесного сортиментоподборщика представлена на рисунке.

*Результаты исследования.* Был выполнен дифференциальный анализ технологической эффективности процесса разгрузки сортиментов колесным сортиментоподборщиком. Обобщенную формулу производительности подопераций разгрузки  $\Pi_{ij}$  можно записать в виде

$$\Pi_{ij} = V_{ij} / t_{ij}, \quad (5)$$

где  $\Pi_{ij}$  – производительность колесного сортиментоподборщика на  $i$  стоянке ( $i = 1 \dots 20$ ), при выполнении  $j$  подоперации ( $j = 1 \dots 17$ ).

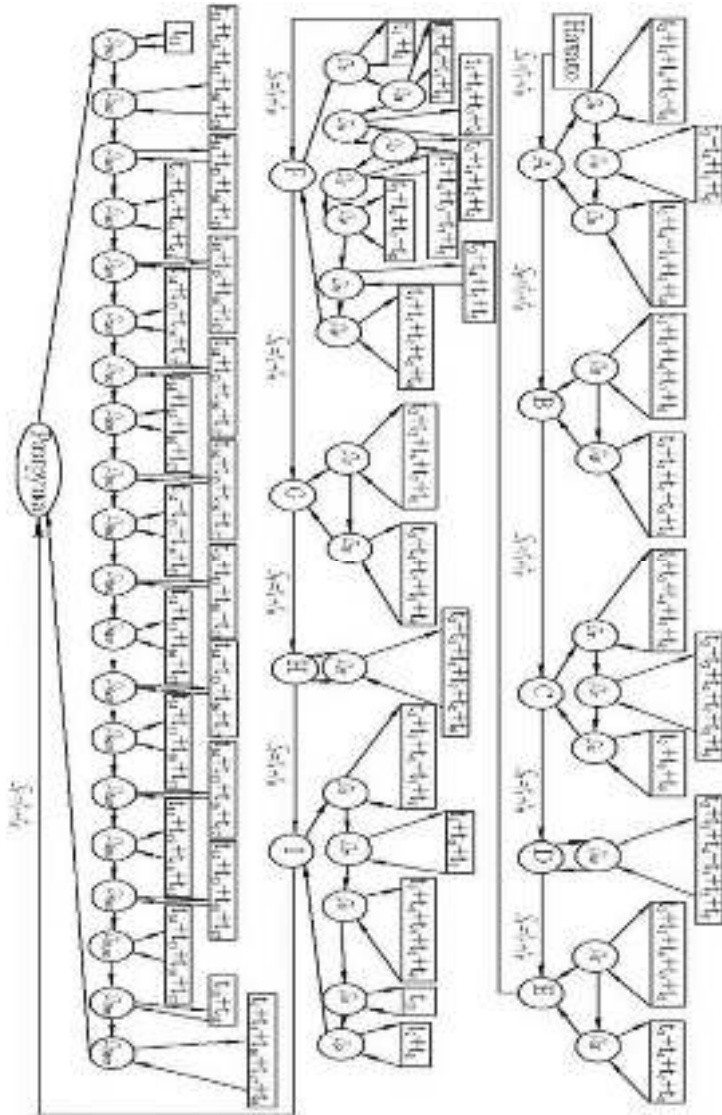


Схема перемещения по лесосеке и затрат времени колесного сортироподборщика

Diagram of movement along the cutting area and time consumption of the wheeled forwarder

Пренебрежем значением перевода в часы производительности 3600 и коэффициентом использования рабочего времени  $\varphi_2$  для построения аналитической модели производительности.

Для построения аналитической картины всего процесса в целом следует представить множество выполняемых операций как суперпозицию пяти основных подмножеств, это:

- 1) подбор подкладки ( $t_{11}$ );
- 2) укладка подкладки и разгрузка пачки сортиментов ( $t_{12} + t_{14} + t_{15} + t_{16} + t_{17}$ );
- 3) разгрузка пачки сортиментов ( $t_{14} + t_{15} + t_{16} + t_{17}$ );
- 4) движение по волоку вдоль погрузочной площадки и подготовка площадей под штабель ( $t_{10} + t_{13}$ );
- 5) разгрузка пачки сортиментов и завершение подоопераций ( $t_3 + t_5 + t_{16} + t_{17} + t_9$ ).

Дифференциальный анализ всей картины сводится к расчету производительности каждой подооперации с учетом всего времени ее выполнения (от начала до окончания операции).

Для первого подмножества подоопераций производительность  $\Pi_{11}$  принимает вид:

$$\Pi_{11} = V_{11} / t_{11}, \quad (6)$$

где  $t_{11} = t_{11}$ .

Для второго подмножества подоопераций производительность  $\Pi_{25}$  принимает вид:

$$\Pi_{25} = V_{25} / t_{25}, \quad (7)$$

где  $t_{25} = t_{12} + t_{14} + t_{15} + t_{16} + t_{17}$ .

Для третьего подмножества подоопераций производительность  $\Pi_{34}$  принимает вид:

$$\Pi_{34} = V_{34} / t_{34}, \quad (8)$$

где  $t_{34} = t_{14} + t_{15} + t_{16} + t_{17}$ .

Для четвертого подмножества подоопераций производительность  $\Pi_{42}$  принимает вид:

$$\Pi_{42} = V_{42} / t_{42}, \quad (9)$$

где  $t_{42} = t_{10} + t_{13}$ .

Для пятого подмножества подоопераций производительность  $\Pi_{55}$  принимает вид:

$$\Pi_{55} = V_{55} / t_{55}, \quad (10)$$

где  $t_{55} = t_3 + t_5 + t_{16} + t_{17} + t_9$ .

С учетом всего времени технологического процесса производительность разгрузки  $\Pi_i$  на каждой стоянке соответственно принимает вид:

$$\Pi_1 = V_1 / \left( \sum_{i=1}^{20} \sum_{j=1}^5 t_{ij} + \sum_1^{19} t_k \right), \quad (11)$$

где  $t_k$  – время перехода между позициями разгрузки.

$$\Pi_2 = V_2 / \left( \sum_{i=2}^{20} \sum_{j=1}^5 t_{ij} + \sum_2^{19} t_k \right), \quad (12)$$

$$\Pi_3 = V_3 / \left( \sum_{i=3}^{20} \sum_{j=1}^5 t_{ij} + \sum_3^{19} t_k \right), \quad (13)$$

...

$$\Pi_{19} = V_{19} / \left( \sum_{i=19}^{20} \sum_{j=1}^5 t_{ij} + t_{19} \right), \quad (14)$$

$$\Pi_{20} = V_{20} / \sum_{j=1}^5 t_{20j}. \quad (15)$$

На основании формул (11)–(15) функциональное время производства единицы предмета труда (1 м<sup>3</sup> древесины)  $\tau_i$  соответственно равно:

$$\tau_1 = \left( \sum_{i=1}^{20} \sum_{j=1}^5 t_{ij} + \sum_1^{19} t_k \right) / V_1, \quad (16)$$

$$\tau_2 = \left( \sum_{i=2}^{20} \sum_{j=1}^5 t_{ij} + \sum_2^{19} t_k \right) / V_2, \quad (17)$$

$$\tau_3 = \left( \sum_{i=3}^{20} \sum_{j=1}^5 t_{ij} + \sum_3^{19} t_k \right) / V_3, \quad (18)$$

...

$$\tau_{19} = \left( \sum_{j=1}^5 t_{19j} + t_{19} \right) / V_{19}, \quad (19)$$

$$\tau_{20} = \sum_{j=1}^5 t_{20j} / V_{20}. \quad (20)$$

На основании дифференциального анализа цикла подопераций разгрузки колесного сортиментоподборщика, представленного формулами (16)–(20), становится возможным сделать интегрированный анализ. Суммарное функциональное время производства единицы предмета труда ( $1 \text{ м}^3$  древесины)  $T$ , характеризующее интегрированную связность в представленной системе подоперации разгрузки, равно:

$$T = \sum_{i=1}^{20} \tau_i. \quad (21)$$

На основании формулы (21) определяем производительность операции разгрузки сортиментов  $\Pi$  как функционально связанных подопераций от начальной до конечной:

$$\Pi = 1 / \sum_{i=1}^{20} \tau_i. \quad (22)$$

В том случае, когда объем пачки в захвате гидроманипулятора одинаковый ( $V_1 = V_2 = V_3 = \dots = V_{19} = V_{20} = V$ ) на основании формул (16)–(20) получаем суммарное функциональное время производства единицы предмета труда  $T^*$  ( $1 \text{ м}^3$  древесины):

$$T^* = \frac{1}{V} \left( \sum_{i=1}^{20} \sum_{j=1}^5 t_{ij} + \sum_1^{19} t_k + \sum_{i=2}^{20} \sum_{j=1}^5 t_{ij} + \sum_2^{19} t_k + \right. \\ \left. + \sum_{i=3}^{20} \sum_{j=1}^5 t_{ij} + \sum_3^{19} t_k + \dots + \sum_{i=19}^{20} \sum_{j=1}^5 t_{ij} + t_{19} + \sum_{j=1}^5 t_{20j} \right). \quad (23)$$

Тогда производительность  $\Pi_*$  равна:

$$\Pi_* = \frac{V}{\left( \sum_{i=1}^{20} \sum_{j=1}^5 t_{ij} + \sum_1^{19} t_k + \sum_{i=2}^{20} \sum_{j=1}^5 t_{ij} + \sum_2^{19} t_k + \sum_{i=3}^{20} \sum_{j=1}^5 t_{ij} + \sum_3^{19} t_k + \dots + \sum_{i=19}^{20} \sum_{j=1}^5 t_{ij} + t_{19} + \sum_{j=1}^5 t_{20j} \right)}. \quad (24)$$

При сравнении формулы (1) с формулами (22) и (24) видно, что последние дают более полную информационную картину технологического процесса от начальной подоперации до последней как глубоко интегрированной и связной в функциональном времени производственной структуры.

Следует отметить, что операция «хранение» в штабелях разгруженной древесины является технологической операцией, которая должна быть

функционально связана с операцией «разгрузка». Производительность операции «хранение» древесины в штабелях  $\Pi_{ш}$  можно оценить формулой

$$\Pi_{ш} = V_{ш} / t_{ш}, \quad (25)$$

тогда функциональное время хранения единицы предмета труда  $T_{ш}$  (1 м<sup>3</sup> древесины) равно:

$$T_{ш} = t_{ш} / V_{ш}, \quad (26)$$

здесь  $V_{ш}$  – объем древесины в штабелях;  $t_{ш}$  – время хранения древесины.

Если рассматривать операции «разгрузка» и «хранение» в их функциональной системной связности, то функциональное время  $T_0$  равно:

$$T_0 = T + T_{ш}. \quad (27)$$

И производительность этой системы  $\Pi_0$  равна:

$$\Pi_0 = 1 / T_0. \quad (28)$$

*Выводы.* Выполненный анализ раскрывает дифференциально-интегрированную картину единого функционального пространства-времени протекания операции «разгрузка» как системы связанных подопераций. При системном подходе к анализу производственного процесса одним из основных условий его оптимизации является максимально возможная синхронизация выполняемых подопераций, так как возникновение стохастической дисперсии функциональных времен подопераций увеличивает общее функциональное время операции и, соответственно, уменьшает производительность.

### 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.: ГЛТА, 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](http://lestehjournal.ru/sites/default/files/journal_pdf/128-135.pdf)

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

Свойкин В.Ф., Молчанова А.А. Исследование производительности лесных машин // Февральские чтения: сб. матер. науч.-практ. конф. проф.-преп. состава

Сыктывкарского лесного института по итогам науч.-исслед. работы в 2013 г. 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]. М.: Наука и технологии, 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., Скрыпник В.И., Галактионов О.Н.* Лесосечные работы с применением валочно-пакезирующих, валочно-трелевочных и бесчокерных машин: учеб. пособие для студентов вузов лесоинженерного профиля и специалистов. Петрозаводск: Изд-во ПетрГУ, 2013. 272 с.

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

*Drushka K., Konttinen H.* Tracks in the Forest. The Evolution of Logging Machinery. Timberjack Group. Helsinki, 1997. 253 p. ISBN: 952-90-8616-4

*Fleischer M.* Geschichte der Holzernte in Handarbeit. Proekte Verlag Cornelius GmbH, Halle/S. 1. Auflage, 2009. 212 p. ISBN: 978-3-86634-664-2

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

## 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.)

*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](http://lestehjournal.ru/sites/default/files/journal_pdf/128-135.pdf) (In Russ.)

*Drushka K., Konttinen H.* Tracks in the Forest. The Evolution of Logging Machinery. Timberjack Group. Helsinki, 1997. 253 p. ISBN: 952-90-8616-4

*Fleischer, M.* Geschichte der Holzernte in Handarbeit. Proekte Verlag Cornelius GmbH, Halle/S. 1. Auflage, 2009. 212 p. ISBN: 978-3-86634-664-2

*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.* Logging operations with the use of feller-bunchers, feller-skidders and cable-skidding machines: a textbook for university students of forestry engineering profile and specialists. Petrozavodsk, PetrSU Publishing House, 2013, 272 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, Moscow, Nauka i technologiya publ., 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, Moscow, Nauka i technologiya publ., pp. 40-43. DOI: 10.31044/1684-2561-2019-0-12-40-43 (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.* Syktyvkar, SLI publ., 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, GLTA publ., 2009. 288 p. (In Russ.)

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

*Материал поступил в редакцию 26.09.2020*

---

**Базаров С.М., Беленький Ю.И., Свойкин Ф.В., Свойкин В.Ф., Бальде Т.М.Д.** Системный анализ технологической эффективности операции разгрузки колесного сортиментоподборщика // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. 2020. Вып. 232. С. 105–116. DOI: 10.21266/2079-4304.2020.232.105-116

Применение системного анализа при оценке технологической эффективности операций лесозаготовительных машин позволяет получать более информационную картину производства, по сравнению с существующими среднестатистическими показателями. Это позволяет более достоверно решать задачи оптимизации при формировании технологического процесса и его

управления. Множество операций, выполняемых в лесозаготовительном производстве (валка леса, очистка деревьев от сучьев, раскряжевка хлыстов на сортименты, погрузка, трелевка, штабелевка, лесотранспортировка и др.), осуществляются соответствующим множеством машин, существующим на рынке лесного машиностроения. В основе системного подхода применительно к производственным процессам лежит математическая модель построения для них единого функционального пространства-времени связности, в котором осуществляется выполнение целевой функции. С позиции теории систем в лесной отрасли можно формулировать различные пространственно-временные структурные уровни связности производства: лесопромышленный комплекс (макро), лесосечные работы (мезо) и операции (микро). Задачей данного исследования на примере операции «разгрузка», как составляющей микропространственно-временной структуры производства, является представление системной математической модели связности подопераций, выполняющих свои целевые функции в едином функциональном пространстве-времени производственного цикла. Операция «разгрузка» представляет собой систему последовательно выполняемых отдельных подопераций (работа манипулятора, переходы, формирование подкладки для штабеля и др.), производительность которых определяется не только временем ее выполнения, но и временем содержания сортиментов в бункере до полной разгрузки. С позиции системного подхода операция «разгрузка» объединена с операцией штабельного складирования сортиментов с целью выявления системной связности последующей операции на предыдущую и их единого представления.

**Ключевые слова:** системный анализ, колесный сортиментоподборщик, разгрузка, функциональное время, технологическая эффективность, время, технологические операции, производительность.

**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 Lesotehniceskoy Akademii*, 2020, is. 232, pp. 105–116 (in Russian with English summary). DOI: 10.21266/2079-4304.2020.232.105-116

The use of system analysis in assessing the technological efficiency of forestry machines allows you to obtain a more informational picture of production compared to existing averages. This allows you to more reliably solve optimization problems during the formation of the technological process and its control. Many operations carried out in logging production (cutting operations, delimiting operations, logging operations, loading, skidding, saving operations, timber transportation, etc.) are carried out by the corresponding many machines existing in the forest engineering market. The system approach to production processes is based on a mathematical model for constructing a single functional space-time connectivity for them, in which the objective function is performed. From the point of view of the theory of systems in the forest industry, various

spatial-temporal structural levels of production connectivity can be formulated: a timber industry (macro), forestry (meso) and operations (micro). The task of this study, using the example of the operation «unloading», as a representative of the micro-space-time structure of production, is to present a system mathematical model of the connectivity of suboperations performing their target functions in a single functional space-time of the production cycle. The "unloading" operation is a system of sequentially performed separate suboperations (manipulator operation, transitions, formation of a lining for the stack, etc.), the performance of which is determined not only by the time of its execution, but also by the time of content of gradients in the hopper until full unloading. From the system approach position, the unloading operation is combined with the saving operations of the sortiments to identify the system connectivity of the subsequent operation to the previous one and their unified representation.

**Keywords:** system analysis, wheel forwarder, unloading, functional time, technological efficiency, time, technological operations, productivity.

---

**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](mailto: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](mailto:s.bazarow@yandex.ru)

**БЕЛЕНЬКИЙ Юрий Иванович** – зав. кафедрой 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](mailto:2000zalom@gmail.com)

**BELENKII Yuryi 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](mailto: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](mailto: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](mailto: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](mailto: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](mailto: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](mailto: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](mailto:tmdbalde@yahoo.fr)