

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

**СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ ДИНАМИКИ РАБОТЫ  
ХАРВЕСТЕРНОЙ ГОЛОВКИ  
ВАЛОЧНО-СУЧКОРЕЗНО-РАСКРЯЖЕВОЧНОЙ МАШИНЫ (ХГ ВСРМ)**

*Введение.* В настоящее время расчет производится согласно среднестатистическому представлению [Базаров, Беленький, Соловьев, 2018] протекания технологического процесса. Для повышения производительности труда необходим переход к более детальному раскрытию динамики пространственно-временной структуры представления о технологическом процессе на стоянке с позиции системной связности выполняемых операций. На основании среднестатистического представления протекания технологического процесса формула для расчета часовой производительности ВСРМ ( $\Pi_{\text{ч}}$ ) имеет вид [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]:

$$\Pi_{\text{ч}} = \frac{3600 \cdot V_{\text{хл}} \cdot \varphi_1}{T_{\text{ц}}}, \quad (1)$$

где  $\varphi_1$  – коэффициент использования рабочего времени (0,8...0,9);  $V_{\text{п}}$  – средний объем хлыста, м<sup>3</sup>;  $T_{\text{ц}}$  – время технологического цикла, с.

Время технологического цикла представлено суммой времен операций:

$$T_{\text{ц}} = t_{\text{нав}} + t_{\text{зах}} + t_{\text{ср}} + t_{\text{подт}} + t_{\text{раск}} + t_{\text{пер}} + t_{\text{прот}}, \quad (2)$$

где  $t_{\text{нав}}$ ,  $t_{\text{зах}}$  – время, необходимое для наведения ХГ и захват дерева, с;  $t_{\text{ср}}$  – время, необходимое для срезания и сталкивания дерева с пня, с;  $t_{\text{подт}}$  – время, необходимое для подтаскивания дерева к ВСРМ, с;  $t_{\text{раск}}$  – время, необходимое на раскряжевку, с;  $t_{\text{пер}}$  – время, необходимое на смену рабочей стоянки, с;  $t_{\text{прот}}$  – время, необходимое на протаскивание дерева через сучкорезные ножи вальцами протяжки ХГ, с.

*Методы исследования.* Технология лесосечных работ содержит ряд технологических процессов, которые зависят от объема используемой биомассы растущего дерева и системы применяемых машин.

В предыдущих исследованиях установлено, что от общей биомассы растущей ели в Республике Коми используется в среднем: при производстве сортиментов – 55%, хлыста – 58%, ствола с кроной – 77% [Свойкин и др., 2005; Свойкин, Тихомирова, Большаков, 2005]. Разница между биомассой ствола с кроной и хлыста равна 19%, между хлыстом и сортиментами – 3%.

Исследовалась многооперационная лесосечная машина ВСРМ Ponsse Ergo 8W с ХГ Ponsse H7 [Ergo Operation and Maintenance Manual, 2006; Operation manual, spare parts catalog Ponsse Ergo, 2012; Spare parts catalog Ponsse A090200, 2016], 2018 г.в., наработка 15 826 м/ч, которая выполняет технологические процессы: валка, очистка деревьев от сучьев, раскряжевка и сортировка.

Природно-производственные условия: Республика Коми, Корткеросский район, Восточное отделение УЛЮ АО «Монди СЛПК», Корткеросский участок, Керосское участковое лесничество, квартал 100, делянка 2, тип леса: смешанный, породный состав насаждения: 5Ос3Б1Е+С, средний объем хлыста: 0,3 м<sup>3</sup>.

Часовая производительность машины установлена 10,8 м<sup>3</sup>/ч при объеме рассортированных сортиментов 0,3 м<sup>3</sup> за один цикл (технологические процессы для одного дерева) и время цикла 100 с [Свойкин и др., 2005; Свойкин, Тихомирова, Большаков, 2005].

В табл. 1 приведены часовая производительность многооперационной лесосечной машины, объем древесины одного цикла при технологических операциях валка, очистка деревьев от сучьев, раскряжевка и сортировка.

Таблица 1

**Часовая производительность и объем древесины за один цикл**  
**Hourly productivity and volume of wood per cycle**

Технологическая операция	Часовая производительность, м <sup>3</sup> /ч	Объем древесины за один цикл (100 с), м <sup>3</sup> /с
Валка	13,36	0,368
Очистка деревьев от сучьев	11,23	0,309
Раскряжевка	10,9	0,303
Сортировка	10,8	0,3

Хронометраж технологических операций многооперационной лесосечной машины за один цикл (100 с) дан в табл. 2.

Таблица 2

**Технологические операции многооперационной лесосечной машины**  
**Technological operations of a multi-operation logging machine**

№	Технологическая операция	Цикл операции, с	Нарастающее время, с
1	Движение лесосечной машины, $t_1$	8,4	8,4
2	Наведение харвестерной головки на ствол дерева, $t_2$	13,1	21,5
3	Захват ствола дерева, $t_3$	3	24,5
4	Опускание харвестерной головки к шейке корня, $t_4$	4	28,5
5	Отделение (пиление) ствола дерева от пня, $t_5$	3	31,5
6	Сталкивание с пня спиленного дерева (ствола с кроной), $t_6$	1	32,5
7	Падение ствола с кроной, $t_7$	3	35,5
8	Транспортировка (подгаскивание) ствола с кроной к месту раскряжевки, $t_8$	15	50,5
9	Перемещение ствола на длину откомлевки (несколько раз), $t_9$	7	57,5
10	Откомлевка (пиление), $t_{10}$	2,7	60,2
11	Перемещение ствола на длину 1 сортимента (пиловочник – 4 м), $t_{11}$	2,5	62,7
12	Пиление 1 сортимента, $t_{12}$	3	65,7
13	Перемещение ствола на длину 2 сортимента (пиловочник – 4 м), $t_{13}$	4,5	70,2
14	Пиление 2 сортимента, $t_{14}$	2,5	72,7
15	Сортировка (поворот харвестерной головки), $t_{15}$	1	73,7
16	Перемещение ствола на длину 3 сортимента (баланса – 4 м), $t_{16}$	6	79,7
17	<b>Пиление 3 сортимента, <math>t_{17}</math></b>	2	81,7
18	Перемещение остатка ствола с кроной вдоль волока, $t_{18}$	6	87,7
19	Перемещение на длину 1 м и пиление, $t_{19}$	4	91,7
20	Перемещение на длину 1 м и пиление, $t_{20}$	3	94,7
21	Перемещение на длину 1 м и пиление, $t_{21}$	2	96,7
22	Укладка вершины на волок и отцепка харвестерной головки от вершины, $t_{22}$	3,3	100

*Результаты исследования.* В общем случае технологические операции ВСРМ можно представить как трехступенчатый процесс системно связного производства лесоматериалов (рис. 1).

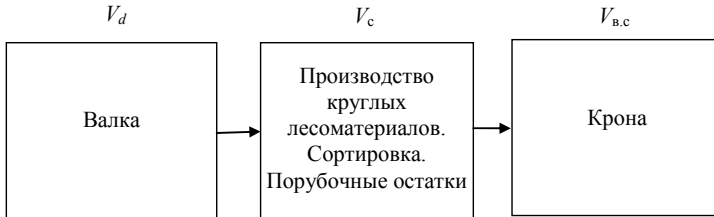


Рис. 1. Схема трехступенчатой связности технологических операций производства лесоматериалов ВСРМ

Fig. 1. Scheme of three-stage connectivity of technological operations of the production of wood products of the wheel harvester

Технологические операции ВСРМ согласно табл. 2 можно представить в виде последовательного процесса производства сортиментов и вторично-го сырья (рис. 2).



Рис. 2. Схема последовательного процесса производства сортиментов и вторичного сырья ВСРМ

Fig. 2. Diagram of the sequential process for the production of assortments and secondary raw materials wheel harvester

Согласно представлениям системного анализа [Базаров, Беленький, Соловьев, 2018] производительность ( $\Pi_i$ ) получаемого древесного материала и функциональное время ( $T_i$ ) производства единицы объема древесины по ступеням соответственно равна:

– общей древесной массы (конечный продукт: дерево, первая ступень)  $\Pi_1$ :

$$\Pi_1 = \frac{V_d}{\sum_{i=1}^7 t_i}; \quad (3)$$

– функциональное время получения единицы объема общей древесной массы  $T_1$ :

$$T_1 = \frac{\sum_{i=1}^7 t_i}{V_d}; \quad (4)$$

– материала древесины (конечный продукт: сортаменты и порубочные остатки, вторая ступень):

– первого сортамента  $\Pi_{2c1}$ :

$$\Pi_{2c1} = \frac{V_{c1}}{\sum_{i=8}^{12} t_i}; \quad (5)$$

– функциональное время получения единицы объема древесины первого сортамента  $T_{2c1}$ :

$$T_{2c1} = \frac{\sum_{i=8}^{12} t_i}{V_{c1}}; \quad (6)$$

– порубочных остатков  $\Pi_{2o1}$ :

$$\Pi_{2o1} = \frac{V_{o1}}{t_{11}}; \quad (7)$$

– функциональное время получения единицы объема порубочных остатков  $T_{2o1}$ :

$$T_{2o1} = \frac{t_{11}}{V_{o1}}; \quad (8)$$

– функциональное время получения единицы объема древесного сырья при производстве первого сортамента  $T_{2co1}$ :

$$T_{2co1} = \frac{1}{\Pi_{2c1} + \Pi_{2o1}}; \quad (9)$$

– второго сортамента  $\Pi_{2c2}$ :

$$\Pi_{2c2} = \frac{V_{c2}}{\sum_{i=13}^{14} t_i}; \quad (10)$$

– функциональное время получения единицы объема древесины второго сорта  $T_{2c2}$ :

$$T_{2c2} = \frac{\sum_{i=13}^{14} t_i}{V_{c2}}; \quad (11)$$

– порубочных остатков  $\Pi_{2o2}$ :

$$\Pi_{2o2} = \frac{V_{o2}}{t_{13}}; \quad (12)$$

– функциональное время получения единицы объема порубочных остатков  $T_{2o2}$ :

$$T_{2o2} = \frac{t_{13}}{V_{o2}}; \quad (13)$$

– функциональное время получения единицы объема древесного сырья при производстве второго сорта  $T_{2co2}$ :

$$T_{2co2} = \frac{1}{\Pi_{2c2} + \Pi_{2o2}}; \quad (14)$$

– третий сорт  $\Pi_{2c3}$ :

$$\Pi_{2c3} = \frac{V_{c3}}{\sum_{i=15}^{17} t_i}; \quad (15)$$

– функциональное время получения единицы объема древесины третьего сорта  $T_{2c3}$ :

$$T_{2c3} = \frac{\sum_{i=15}^{17} t_i}{V_{c3}}; \quad (16)$$

– порубочных остатков  $\Pi_{2o3}$ :

$$\Pi_{2o3} = \frac{V_{o3}}{t_{16}}; \quad (17)$$

– функциональное время получения единицы объема порубочных остатков  $T_{2o3}$ :

$$T_{2o3} = \frac{t_{16}}{V_{o3}}; \quad (18)$$

– функциональное время получения единицы объема древесного сырья при производстве третьего сортимента  $T_{2co3}$ :

$$T_{2co3} = \frac{1}{\Pi_{2c3} + \Pi_{2o3}}; \quad (19)$$

– функциональное время производства 1 м<sup>3</sup> круглого леса  $T_{2c}$  определяется как сумма функциональных времен для единицы объема древесины сортиментов:

$$T_{2c} = \sum_{i=1}^3 T_{2ci}; \quad (20)$$

– производительность круглого леса  $\Pi_{2c}$  в рассматриваемом цикле:

$$\Pi_{2c} = \frac{1}{T_{2c}}; \quad (21)$$

– функциональное время производства единицы объема древесины во второй ступени  $T_{2co}$ :

$$T_{2co} = T_{2co1} + T_{2co2} + T_{2co3}; \quad (22)$$

– получение кроны (конечный продукт: крона, третья ступень)  $\Pi_3$ :

$$\Pi_3 = \frac{V_{кр}}{t_{17}}; \quad (23)$$

– функциональное время получения единицы объема древесины кроны  $T_3$ :

$$T_3 = \frac{t_{17}}{V_{кр}}. \quad (24)$$

Функциональное время производства 1 м<sup>3</sup> древесного сырья  $T_{дco}$  в рассматриваемом трехступенчатом процессе равняется:

$$T_{дco} = T_1 + T_{2co} + T_3. \quad (25)$$

Производительность получаемого древесного сырья  $\Pi_{дco}$  определяется формулой

$$\Pi_{дco} = \frac{1}{T_1 + T_{2co} + T_3}. \quad (26)$$

*Заключение.* Анализ табл. 2, с одной стороны, позволил раскрыть системную связность работы ХГ и в то же время дает рекомендации повышения производительности за счет следующих выводов и рекомендаций.

Технологическая операция движения лесосечной машины по волоку (скорость равна 0,26 м/с) зависит от природных факторов (объема хлыста – 0,309 м<sup>3</sup>, запаса на 1 га – 110 м<sup>3</sup>, породного состава – 5Ос3Б1Е+С, грунта – суглинок под снегом 10 см, типа леса – долгомошник, возраста леса – 140 лет, рельефа – равнинный с горизонтальной поверхностью, коэффициента развития волока –  $k = 1,25$ ), технических факторов (скорость до 25 км/ч, мощность – 160 кВт, год выпуска – 2018 г.), технологических факторов (технология лесозаготовок производится в средней тайге Республики Коми в зимний период, валка деревьев на пасеку, протаскивание ствола дерева с кроной через волок, очистка деревьев от сучьев производится на волоке, раскряжевка хлыста на волоке, сортировка сортиментов и укладка их на пасечной ленте около волока, вершину очищают от сучьев и раскряжевывают на метровые отрезки) и организационно-экологических факторов (способа рубок – сплошные, схемы разработки делянки – перпендикулярно усу, квалификация оператора – 3 года работы, работоспособности оператора – до 30 м<sup>3</sup> в час).

Технологическая операция наведения харвестерной головки на ствол дерева (скорость равна 0,34 м/с) зависит от природных факторов (температуры – минус 10 °С, освещенности – не менее 30 люкс), технических факторов (скорость наведения до 0,6 м/с, мощности), технологических факторов (скорости наведения харвестерной головки на дерево – 0,34 м/с, мощности, энергии и расхода) и организационно-экологических (ширины пасеки – 16 м, пасечной ленты – 6 м, ширины волока – 4 м).

Остальные операции многооперационной лесосечной машины оцениваются аналогично.

Из табл. 2 видно, что наибольшее время затрачивается на наведение харвестерной головки на ствол дерева и на транспортировку ствола с кроной к месту раскряжевки.

Из анализа технологических операций многооперационной лесосечной машины (см. табл. 2) вытекает, что для увеличения ее производительности (валки, очистки деревьев от сучьев, раскряжевки и сортировки) целесообразно:

1. Уменьшить расстояние наведения харвестерной головки на ствол дерева за счет подъезда лесосечной машины к дереву (не прямой волок, а извилистый в плане) или уменьшить ширину пасеки.

2. Наводить харвестерную головку на ствол дерева, где производится пиление (на шейку корня или высоту пня), т. е. исключается технологическая операция опускания харвестерной головки к шейке корня.



3. Транспортировку ствола с кроной к месту раскряжевки производить во время падения ствола с кроной.

4. Оставлять высоту пня в зависимости от закомелистости (сбега комлевой части ствола дерева) и фауности, так как при этом не надо производить перемещение харвестерной головки на длину откомлевки и пиление откомлевки (9,7 с на цикл).

5. Вершинную часть ствола дерева с кроной укладывать на волок после получения последнего круглого лесоматериала (время цикла уменьшится на 15 с).

### **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](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 В.Ф., Сивков Е.Н., Сенькин В.А., Козловский В.Н.* Исследование производительности лесосечных машин в зависимости от параметра предмета труда. Февральские чтения. Сборник материалов: в 2 Т.: Т.1 / Отв. ред. Ю.Я. Чукуреев; Сыкт. лесн. ин-т. – Сыктывкар: СЛИ, 2005. – 152 с.

*Свойкин В.Ф., Тихомирова И.К., Большаков А.С.* Оценка рациональных технологий лесосечных работ в Республике Коми. Актуальные проблемы лесного комплекса : сб. науч. тр. / под ред. Е.А. Памфилова. Брянск: БГИТА, 2005. Вып. 11. 178 с.

*Свойкин Ф.В., Кацадзе В.А., Бирман А.Р., Свойкин В.Ф., Узрюмов 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-пакегирующих, валочно-трелевочных и бесчokerных 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.

Ergo Operation and Maintenance Manual. Ponsse Oyj, Finland, 2006, 958 p.

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

Operation manual, spare parts catalog Ponsse Ergo. Issue 0230197-0390001 (ENGLISH), Finland, 2012, 2541 p.

Spare parts catalog Ponsse A090200. Ponsse Oyj, Finland, 2016, 431 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.)

Ergo Operation and Maintenance Manual. Ponsse Oyj, Finland, 2006, 958 p.

*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.)

Operation manual, spare parts catalog Ponsse Ergo. Issue 0230197-0390001 (ENGLISH), Finland, 2012. 2541 p.

*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.)

Spare parts catalog Ponsse A090200. Ponsse Oyj, Finland, 2016. 431 p.

*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., Sivkov E.N., Senkin V.A., Kozlovsky V.N.* Research of the productivity of cutting machines depending on the parameter of the subject of labor. February readings. Collection of materials. In 2 vol. Vol. 1 / otv. ed. Yu.Ya. Chukreev; Sykt. forest. in-t. Syktyvkar: SLI publ., 2005. 152 p. (In Russ.)

*Svoykin V.F., Tikhomirova I.K., Bolshakov A.S.* Assessment of rational technologies of logging operations in the Komi Republic. Actual problems of the forestry complex / Ed. E. A. Pamfilova. Collection of scientific papers. Issue 11. Bryansk: BGITA publ/, 2005. 178 p. (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.: SPbGLTA publ., 2009. 288 p. (In Russ.)

*Материал поступил в редакцию 14.02.2021*

---

**Базаров С.М., Беленький Ю.И., Свойкин Ф.В., Свойкин В.Ф., Бальде Т.М.Д.** Системный анализ динамики работы харвестерной головки валочно-сучкорезно-раскряжевой машины (ХГ ВСРМ) // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. 2021. Вып. 235. С. 150–164. DOI: 10.21266/2079-4304.2021.235.150-164

Основные представления системного анализа как составной части теории систем становятся неотъемлемой частью научно-технических исследований в лесном комплексе: целостность и связность во внутреннем функциональном пространстве-времени, выстраиваемом целевыми функциями системы и её элементами. В каждой отрасли народного хозяйства формируются свои представления понятия системы различных структурных уровней от максимальных до минимальных и соответствующих им внутрисистемных функциональных пространство-время. В лесной отрасли комплексы машин и оборудования, выполняющие технологические процессы производства лесоматериалов, можно рассматривать как мезосистемные структуры, тогда к микроуровню можно отнести технические операции самих машин и оборудования. В данной статье с системных позиций построено единое функциональное время внутренней связности протекания производственных операций харвестерной головкой валочно-сучкорезно-раскряжевочной машины (ХГ ВСРМ). В настоящее время технологическая эффективность машин и оборудования определяется среднестатистически во внешнем времени. Повышение производительности труда комплексов лесной техники возможно только на соблюдении основного принципа оптимизации систем: в системе, состоящей из связанных между собой, взаимодействующих подсистем, оптимум для всей системы не является функцией (например, суммой) оптимумов подсистем, входящих в систему. Этот принцип можно рассматривать как теорему оптимумов системного подхода. Определение технологической эффективности харвестерной головки валочно-сучкорезно-раскряжевочной машины в функциональном времени связности выполняемых технических операций по сравнению со среднестатистическим подходом раскрывает более информативную картину динамики протекания процесса и раскрывает возможности лучшей организации труда. В статье динамика работы харвестерной головки валочно-сучкорезно-раскряжевочной машины исследуется в представлении трехступенчатой связности операций производства лесоматериалов. В первой ступени происходит валка дерева и определяется производительность получения общего древесного сырья; во второй ступени происходят два суперпозиционных процесса получения сортиментов и древесных отходов, поэтому здесь определяется производительность получаемых древесных отходов, сортиментов и совокупного древесного сырья; в третьей ступени получается древесный материал кроны. Построенный системный подход раскрывает целостность и единство динамических операций харвестерной головки валочно-сучкорезно-раскряжевочной машины путем определения производительности как каждой операции, так и их суперпозиции в функциональном времени технологического процесса.

Ключевые слова: цикл, производительность, суперпозиция, время, целостность, харвестерная головка, валочно-сучкорезно-раскряжевочная машина.

**Bazarov S.M., Belenkii Yu.I., Svoikin F.V., Svoikin V.F., Balde T.M.D.** System analysis of the dynamics of the harvester head of wheel harvester. *Izvestia Sankt-Peterburgskoj Lesotekhniceskoj Akademii*, 2021, is. 235, pp. 150–164 (in Russian with English summary). DOI: 10.21266/2079-4304.2021.235.150-164

The main concepts of system analysis as an integral part of the theory of systems are becoming an integral part of scientific and technical research in the forestry complex: integrity and connectivity in the internal functional space-time, built by the target functions of the system and its elements. Each branch of the national economy has its own ideas of the concept of a system of various structural levels from maximum to minimum and the corresponding intra-system functional space-time. In the forestry industry, complexes of machines and equipment that carry out technological processes of timber production can be considered as meso-system structures, then the technical operations of the machines and equipment themselves can be attributed to the micro level. In this article, from the systemic point of view, a single functional time of the internal connectivity of the flow of production operations with the harvester head of the wheel harvester is built. At present, the technological efficiency of machines and equipment is determined statistically on average in external time. An increase in labor productivity of forestry equipment complexes is possible only on the observance of the basic principle of system optimization: in a system consisting of interconnected interacting subsystems, the optimum for the entire system is not a function (for example, the sum) of the optima of the subsystems included in the system. This principle can be regarded as the theorem of the optima of the systems approach. Determination of the technological efficiency of the harvester head of the wheel harvester in the functional time of the connectivity of the performed technical operations in comparison with the average statistical approach reveals a more informative picture of the dynamics of the process and reveals the possibilities of better organization of labor. In the article, the dynamics of the work of the harvester head of the wheel harvester is investigated in the representation of the three-stage connectivity of the operations of timber production. In the first stage, the felling of wood takes place and the productivity of obtaining general wood raw material is determined; in the second stage, there are two superposition processes for obtaining assortments and wood waste, therefore, the productivity of the resulting wood waste, assortments and total wood raw materials is determined here; in the third stage, the woody crown material is obtained. The constructed systematic approach reveals the integrity and unity of the dynamic operations of the harvester head of the wheel harvester by determining the productivity of both each operation and their superposition in the functional time of the technological process.

**Key words:** cycle, productivity, superposition, time, integrity, harvester head, wheel harvester.

**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 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](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)