

С.М. Базаров, А.Н. Соловьев

СИНЕРГЕТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СКОРОСТИ ПРОИЗВОДСТВА ХЛЫСТОВ СИСТЕМОЙ ЛЕСНЫХ МАШИН И МЕХАНИЗМОВ

Введение. В динамических условиях развития лесной отрасли хлыстовая технология заготовки востребована ввиду возможности комплексного использования древесины. Рынок лесного машиностроения представляет достаточно широкий спектр машин, механизмов и оборудования, позволяющих осуществлять соответствующий технологический процесс производства на лесосеке.

Комплексы машин, механизмов и оборудования заготовки хлыстов на лесосеке представляют собой целостную пространственно-временную структуру, эффективность которой в значительной мере определяется ее системной синергетичностью, коллективной взаимозависимостью при оптимизации выполнения целевой функции.

Одними из основных критериев оценки системной синергетичности комплексов, работающих в оптимальных режимах, являются эффективные технологическая скорость, мощность и соответствующая им удельная технологическая скорость.

Методика и результаты исследования. Проведен аналитический анализ технологической скорости производства хлыстов на лесосеке для различных комплексов машин.

I. Комплекс: бензопила, трелевочный трактор, челюстной лесопогрузчик. Технологические операции процесса заготовки хлыстов: валка деревьев, обрезка сучьев на лесосеке, трелевка, погрузка на лесовозный автопоезд. Выполняются комплексом: валка деревьев – бензопилой Хускварна-262, обрезка сучьев на пасеке бензопилой Тайга-245, трелевка деревьев – трелевочным трактором с манипулятором ТБ-1М, погрузка на лесовозный автопоезд – челюстным погрузчиком ЛТ-65Б.

Технологическая скорость производства рассматриваемого комплекса определяется формулой (км/ч)

$$v_{T4} = 4S_x^{-1} \cdot \Pi_1 \Pi_2 \Pi_3 \Pi_4 / (\Pi_1 \Pi_2 \Pi_3 + \Pi_1 \Pi_2 \Pi_4 + \Pi_1 \Pi_3 \Pi_4 + \Pi_2 \Pi_3 \Pi_4), \quad (1)$$

или

$$v_{T4} = 4V_x^{-1} L \cdot \Pi_1 \Pi_2 \Pi_3 \Pi_4 / (\Pi_1 \Pi_2 \Pi_3 + \Pi_1 \Pi_2 \Pi_4 + \Pi_1 \Pi_3 \Pi_4 + \Pi_2 \Pi_3 \Pi_4).$$

Производительность бензопилы [Базаров и др., 2010; Матвейко, 2006]:

$$\Pi_1 = V_x / t_x, \quad (2)$$

время производства

$$t_x = t_1 + t_2 + t_3.$$

Здесь t_1 – время на подпил, спиливание и сталкивание дерева; t_2 – время на переход к следующему дереву; t_3 – время на подготовку рабочего места; V_x – средний объем хлыста.

Производительность бензопилы при обрезке сучьев

$$\Pi_2 = V_x / t_x, \quad (3)$$

где время

$$t_x = t_1 + t_5.$$

Здесь t_1 – время перехода от одного дерева к другому; t_5 – время обрезания сучьев.

Производительность трелевочного трактора

$$\Pi_3 = V_x n / (S / v_0 + S / v_0 + t_{\text{пр}} + t_0). \quad (4)$$

Здесь $V_x n = V_n$ – средний объем трелеваемой пачки, м^3 ; S – среднее расстояние трелевки, м; v_0 – средняя скорость движения без груза; V_G – средняя скорость движения с грузом; $t_{\text{пр}}$ – время на формирование пачки; t_0 – время на освобождение от пачки; n – число деревьев в пачке.

Производительность челюстного погрузчика

$$\Pi_4 = V_n \div (t_1 + t_2 + t_3). \quad (5)$$

Здесь грузоподъемность пачки деревьев $V_n = V_x n$; t_1 – время погрузки пачки (захват пачки, ее подъем, переход с пачкой к подвижному составу, опускание пачки, ее укладка, возвращение пустого захвата); t_2 – время подготовки подвижного состава к погрузке; t_3 – время оправки крепления воза после погрузки; n – число хлыстов в пачке.

Технологическая мощность представленной системы (кВт)

$$N = 4N_1N_2N_3N_4 / (N_1N_2N_3 + N_1N_2N_4 + N_1N_3N_4 + N_2N_3N_4) = 5,5. \quad (6)$$

Здесь N_1 – мощность бензопилы Хускварна 262; N_2 – мощность бензопилы Тайга-245; N_3 – мощность трелевочного трактора ТБ-1М; N_4 – мощность челюстного погрузчика ЛТ-65Б.

График зависимости технологической скорости производства хлыстов от их объема для комплекса бензопила Хускварна-262 – бензопила Тайга-245 – трелевочный трактор с манипулятором ТБ-1М – челюстной погрузчик ЛТ-65Б приведен на рис. 1,а.

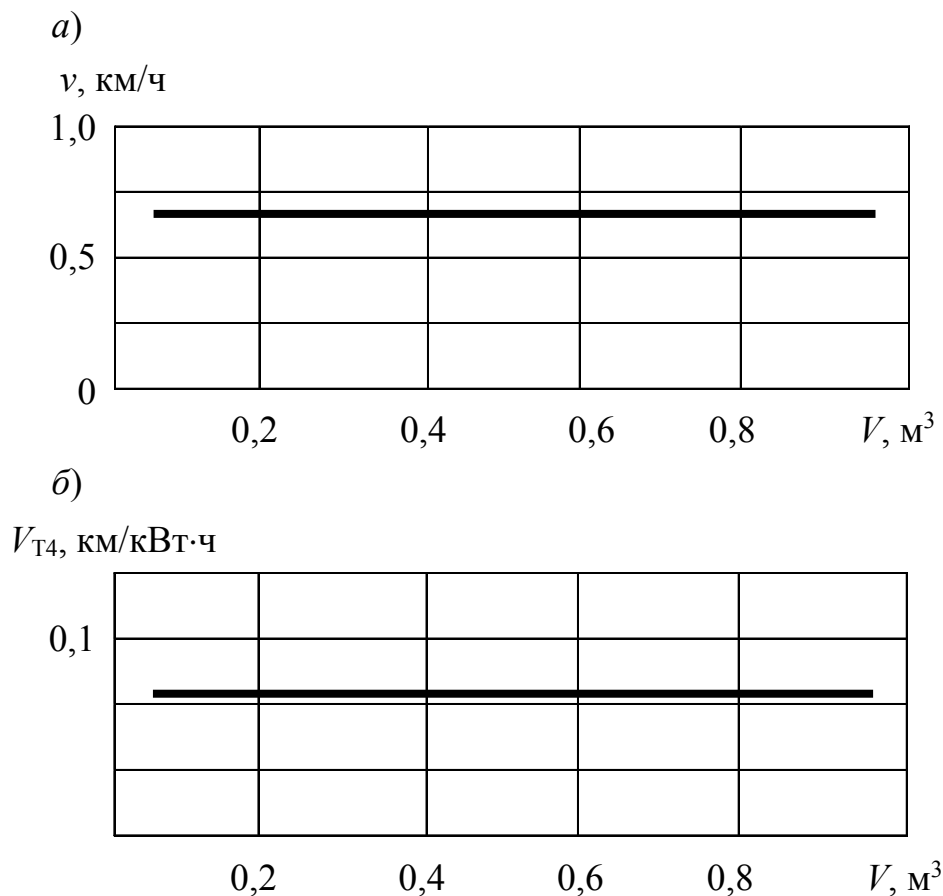


Рис. 1. Графики зависимостей а) технологической скорости и б) удельной технологической скорости производства хлыстов от объема для исследуемого комплекса I

Удельная технологическая скорость

$$V_{T4} = V_x^{-1} L \cdot \Pi_1 \Pi_2 \Pi_3 \Pi_4 / (\Pi_1 \Pi_2 \Pi_3 + \Pi_1 \Pi_2 \Pi_4 + \Pi_1 \Pi_3 \Pi_4 + \Pi_2 \Pi_3 \Pi_4) \times \\ \times [N_1 N_2 N_3 N_4 / (N_1 N_2 N_3 + N_1 N_2 N_4 + N_1 N_3 N_4 + N_2 N_3 N_4)]^{-1} = \quad (7) \\ = [4V_x^{-1} L \cdot \Pi_1 \Pi_2 \Pi_3 \Pi_4 / (\Pi_1 \Pi_2 \Pi_3 + \Pi_1 \Pi_2 \Pi_4 + \Pi_1 \Pi_3 \Pi_4 + \Pi_2 \Pi_3 \Pi_4)] / 5,5.$$

График зависимости удельной технологической скорости производства хлыстов от объема для комплекса бензопила Хускварна-262 – бензопила Тайга-245 – трелевочный трактор с манипулятором ТБ-1М – челюстной погрузчик ЛТ-65Б приведен на рис. 1,б.

II. Комплекс: валочно-пакетирующая машина, гусеничный трактор с пачковым захватом, сучкорезная машина, челюстной лесопогрузчик. Технологические операции: валка. пакетирование деревьев, трелевка, обрезка сучьев. погрузка на лесовозный автопоезд. Выполняются соответствующими машинами: валочно-пакетирующей машиной ЛП-19А, гусеничным

трактором с пачковым захватом ЛТ-154А, сучкорезной машиной ЛП-33А, челюстным лесопогрузчиком ЛТ-65Б.

Технологическая скорость производства хлыстов рассматриваемого комплекса машин

$$v_{Т4} = 4S_x^{-1} \Pi_1 \Pi_2 \Pi_3 \Pi_4 / (\Pi_1 \Pi_2 \Pi_3 + \Pi_1 \Pi_2 \Pi_4 + \Pi_1 \Pi_3 \Pi_4 + \Pi_2 \Pi_3 \Pi_4),$$

или

$$v_{Т4} = 4V_x^{-1} L \cdot \Pi_1 \Pi_2 \Pi_3 \Pi_4 / (\Pi_1 \Pi_2 \Pi_3 + \Pi_1 \Pi_2 \Pi_4 + \Pi_1 \Pi_3 \Pi_4 + \Pi_2 \Pi_3 \Pi_4).$$

Здесь производительность валочно-пакетирующей машины [Шегельман и др., 2005]

$$\Pi_1 = V_n / \left[10^4 V_v / Qbv + (t_1 + V_x / (\varphi \cdot \Pi_{пл} f(L-1,3) + t_2 + t_3) V_n / V_x + t_4 \right]. \quad (8)$$

Здесь V_n – средний объем формируемой пачки, м³; Q – ликвидный запас древесины на 1 га, м³; b – ширина полосы леса, разрабатываемая машиной за один проход, м; v – средняя скорость движения машины при переходе с одной позиции на другую, м/с; t_1 – время на подготовку к спиливанию дерева, с; $\Pi_{пл}$ – производительность чистого пиления срезающего устройства, м³/с; φ – коэффициент использования производительности чистого пиления; f – видовое число ствола дерева; L – высота дерева; t_2 – время столкновения спиленного дерева, с; t_3 – время на укладку дерева в пакет, с; t_4 – время сброса пачки и выравнивание комлей.

Средний объем пачки

$$V_n = V_x n,$$

где n – число хлыстов в пачке.

Производительность трелевочного трактора Π_2 определяется формулой (4).

Производительность сучкорезной машины

$$\Pi_3 = V_x / (t_1 + t_2 n + t_3 + t_4 n + t_5). \quad (9)$$

Здесь V_x – объем хлыста; t_1 – время захвата и подачи дерева в срезающее устройство; t_2 – время зажима дерева; t_3 – время протаскивания дерева через сучкорезное устройство; t_4 – время на открытие захвата протаскивающего устройства; t_5 – время возвращения в исходное положение.

Производительность челюстного погрузчика Π_4 определяется формулой (5).

Технологическая мощность данного комплекса (кВт)

$$N = 4N_1 N_2 N_3 N_4 / (N_1 N_2 N_3 + N_1 N_2 N_4 + N_1 N_3 N_4 + N_2 N_3 N_4) = 88.$$

Здесь N_1 – мощность валочно-пакетирующей машины ЛП19А; N_2 – мощность гусеничного трактора с пачковым захватом ЛТ-154; N_3 – мощность сучкорезной машины ЛП-33А; N_4 – мощность челюстного погрузчика ЛТ-65Б.

На рис. 2,а представлены результаты расчетов зависимости технологической скорости производства хлыстов от объема для комплекса машин *валочно-пакетирующая машина ЛП 19А, гусеничный трактор с пачковым захватом ЛТ 154А, сучкорезная машина ЛП-33А, челюстной лесопогрузчик ЛТ-65Б.*

Удельная технологическая скорость

$$V_{Т4} = V_{Т4} / N,$$

или

$$V_{Т4} = V_x^{-1} L \cdot \Pi_1 \Pi_2 \Pi_3 \Pi_4 / (\Pi_1 \Pi_2 \Pi_3 + \Pi_1 \Pi_2 \Pi_4 + \Pi_1 \Pi_3 \Pi_4 + \Pi_2 \Pi_3 \Pi_4) \times \\ \times [N_1 N_2 N_3 N_4 / (N_1 N_2 N_3 + N_1 N_2 N_4 + N_1 N_3 N_4 + N_2 N_3 N_4)]^{-1} = \\ = [4V_x^{-1} L \cdot \Pi_1 \Pi_2 \Pi_3 \Pi_4 / (\Pi_1 \Pi_2 \Pi_3 + \Pi_1 \Pi_2 \Pi_4 + \Pi_1 \Pi_3 \Pi_4 + \Pi_2 \Pi_3 \Pi_4)] / 88.$$

На рис. 2,б представлены результаты расчетов зависимости удельной технологической скорости производства хлыстов от объема для комплекса машин *валочно-пакетирующая машина ЛП 19А, гусеничный трактор с пачковым захватом ЛТ 154А, сучкорезная машина ЛП-33А, челюстной лесопогрузчик ЛТ-65Б.*

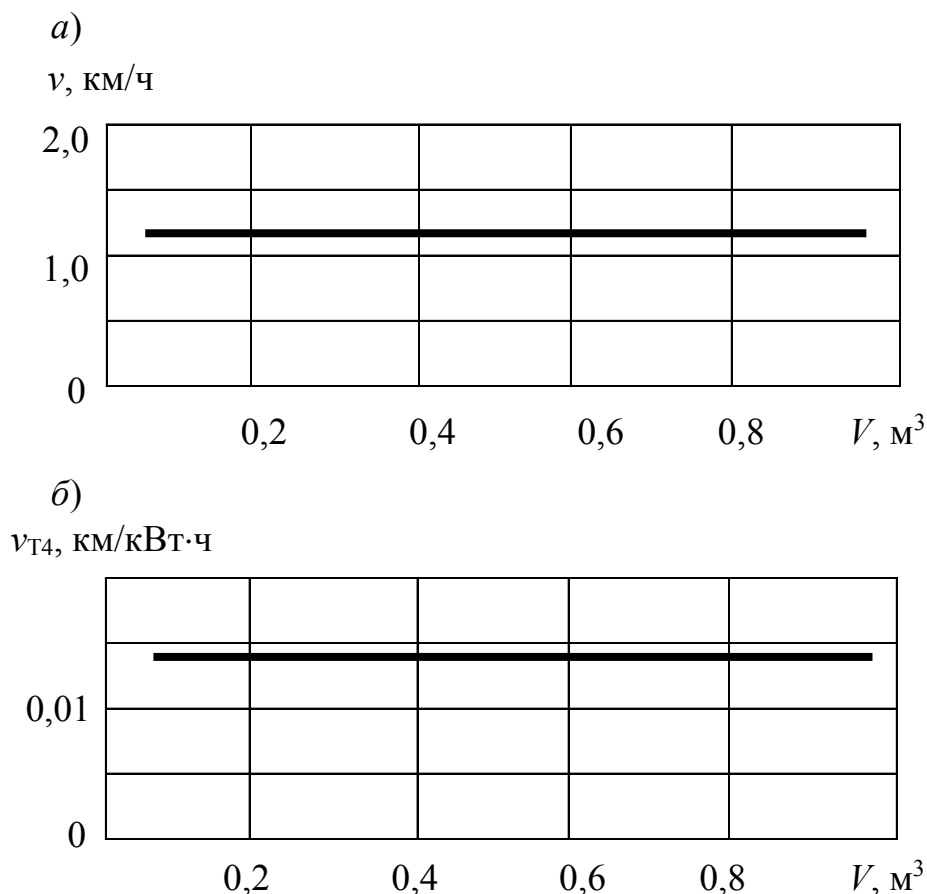


Рис. 2. Графики зависимостей а) технологической скорости и б) удельной технологической скорости производства хлыстов от объема для исследуемого комплекса машин II

III. Комплекс: валочно-пакетирующая машина с харвесторной головкой, трелевочный трактор с манипулятором, челюстной погрузчик. Технологические операции, выполняемые данной системой машин (валка плюс обрезка сучьев валочно-пакетирующей машиной ЛП19+SP650), трелевка (трактором ТБ-1М), погрузка (лесопогрузчиком ЛТ-65 Б).

Технологическая скорость производства хлыстов определяется по формуле

$$v_{ТЗ} = 3S_x^{-1} \Pi_1 \Pi_2 \Pi_3 / (\Pi_1 \Pi_2 + \Pi_2 + \Pi_1 \Pi_3 + \Pi_2 \Pi_3), \quad (10)$$

или

$$v_{ТЗ} = 4V_x^{-1} L \cdot \Pi_1 \Pi_2 \Pi_3 / (\Pi_1 \Pi_2 + \Pi_1 \Pi_3 + \Pi_2 \Pi_3).$$

Здесь производительность валочно-пакетирующей машины с харвесторной головкой

$$\Pi_1 = V_x / t_x,$$

где время производства

$$t_x = t_1 + t_2 + t_3 + t_4 + t_5 + t_6.$$

Здесь t_1 – время наведения ЗСУ на дерево; t_2 – время захвата дерева ЗСУ; t_3 – время на срезание; t_4 – время на подтягивание дерева к машине; t_5 – время на протягивание дерева через ЗСУ; t_6 – время на смену рабочей стоянки.

Производительность трелевочного трактора Π_2 определяется формулой (4), производительность челюстного погрузчика Π_3 находится по формуле (5).

Технологическая мощность данного комплекса (кВт)

$$N = 3N_1 N_2 N_3 / (N_1 N_2 + N_1 N_3 + N_2 N_3) = 88.$$

Здесь N_1 – мощность валочно-пакетирующей машины ЛП 19; N_2 – мощность трелевочного трактора ТБ-1М; N_3 – мощность челюстного погрузчика ЛТ-65Б.

На рис. 3,а показана зависимость технологической скорости производства хлыстов от объема для системы машин: валочно-пакетирующая машина ЛП-19 с харвесторным ЗСУ – трелевочный трактор ТБ-1М – челюстной погрузчик ЛТ-65Б.

Удельная технологическая скорость

$$\begin{aligned} v_{ТЗ} &= V_x^{-1} L \cdot \Pi_1 \Pi_2 \Pi_3 / (\Pi_1 \Pi_2 + \Pi_1 \Pi_3 + \Pi_2 \Pi_3) \times \\ &\quad \times [N_1 N_2 N_3 / (N_1 N_2 + N_1 N_3 + N_2 N_3)]^{-1} = \\ &= [3V_x^{-1} L \cdot \Pi_1 \Pi_2 \Pi_3 / (\Pi_1 \Pi_2 + \Pi_1 \Pi_3 + \Pi_2 \Pi_3)] / 88. \end{aligned}$$

На рис. 3,б показана зависимость удельной технологической скорости производства хлыстов от объема для системы машин: валочно-пакетирующая машина ЛП-19 с харвесторным ЗСУ, трелевочный трактор ТБ-1М, челюстной погрузчик ЛТ-65Б.

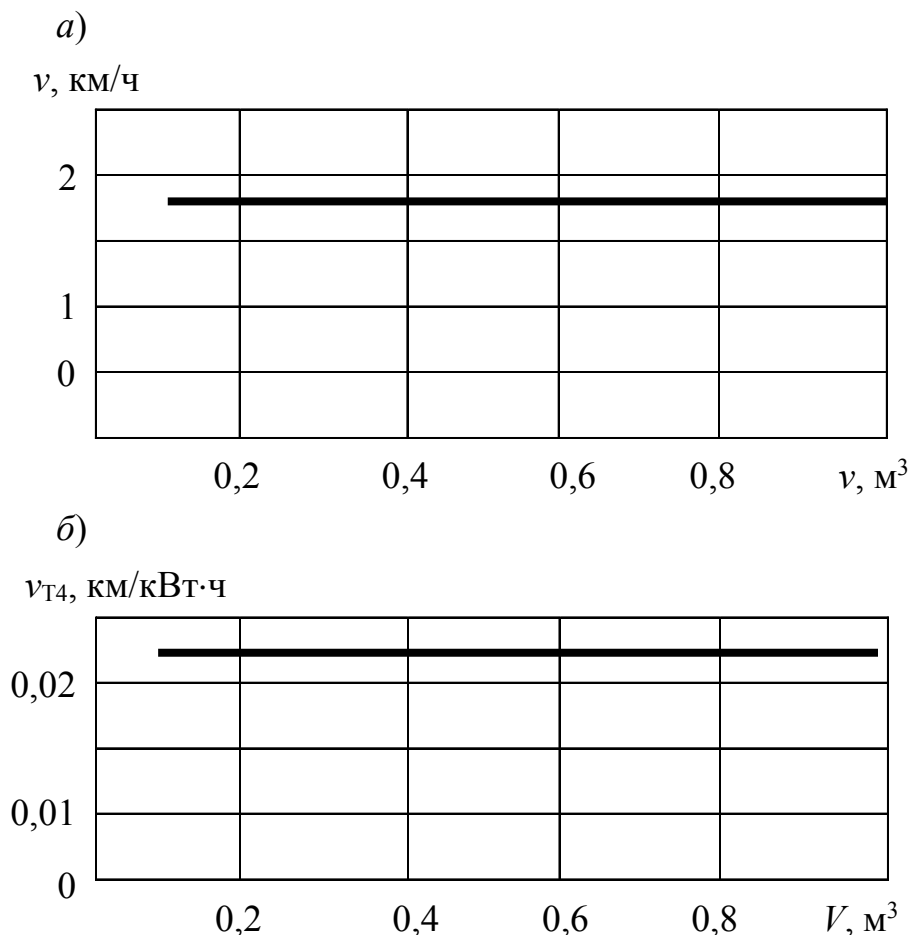


Рис. 3. Графики зависимостей а) технологической скорости и б) удельной технологической скорости производства хлыстов от объема для исследуемого комплекса III

Выводы. Комплексы машин и механизмов лесозаготовки являются системно-динамическими структурами. Наиболее информативными технологическими показателями служат: эффективные производительность, мощность и технологическая скорость, которые необходимо определять с позиции системной связанности временем последовательно выполняемых производственных операций и на основании которых становится возможным находить эффективные удельные характеристики работы комплексов.

Результаты представленного исследования показывают:

- эффективная мощность механизировано-машинной технологии существенно меньше машинных;
- машинные технологии, по сравнению с механизировано-машинной, имеют большую технологическую скорость производства хлыстов;
- машинные технологии, по сравнению с механизировано-машинной, имеют меньшую удельную технологическую скорость производства хлыстов.

Выполненный анализ может помочь лесозаготовительным предприятиям, исходя из своей лесной техники, выбрать наиболее эффективную технологию лесозаготовки.

Библиографический список

Базаров С.М., Беленький Ю.И., Кожемякин А.В. Системный анализ работы комплексов механизмов и машин заготовки круглого леса на лесосеке. СПб.: СПбГЛТА, 2010. 86 с.

Матвейко А.П. Технология и оборудование лесозаготовительного производства. Минск: Техноперспектива, 2006. 448 с.

Шегельман И.Р., Скрыпник В.И., Галактионов О.Н. Техническое оснащение современных лесозаготовок. СПб.: Профи-Информ, 2005. 338 с.

Bibliography

Bazarov S.M., Belen'kii Yu.I., Kozhemiakin A.V. Sistemnyi analiz raboty kompleksov mekhanizmov i mashin zagotovki kruglogo lesa na lesoseke. SPb.: SPbGLTA, 2010. 86 s. (Rus)

Matveiko A.P. Tekhnologiya i oborudovanie lesozagotovitel'nogo proizvodstva. Minsk: Tekhnoperspektiva, 2006. 448 s. (Rus)

Shegel'man I.R., Skrypnik V.I., Galaktionov O.N. Tekhnicheskoe osnashchenie sovremennykh lesozagotovok. SPb.: Profi-Inform, 2005. 338 s. (Rus)

Базаров С.М., Соловьев А.Н. Синергетический анализ технологической скорости производства хлыстов системой лесных машин и механизмов // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. 2015. Вып. 210. С. 86–94.

Показано, что развитие лесной отрасли в динамических условиях рынка должно основываться на применении наиболее энергосберегающих технологиях, формируемых комплексами машин, механизмов и оборудования, представляющих собой единые системно-синергетические структуры, оптимально выполняющие свои целевые функции. Установлено, что эффективная мощность механизировано-машинной технологии существенно меньше машинных, машинные технологии по сравнению с механизировано-машинной, имеют большую технологическую скорость производства хлыстов и меньшую удельную технологическую скорость производства хлыстов.

Ключевые слова: валка, трелевка, обрезка сучьев, удельная производительность, согласованность.

Bazarov S.M., Soloviev A.N. Synergetic analysis of technological speed production of whips system of forest machines and operational mechanisms. *Izvestia Sankt-Peterburgskoj Lesotehniceskoy Akademii*, 2015, is. 210, pp. 86–94 (in Russian with English summary).

Development of the forestry sector in dynamic terms, the market should be based on the use of the most energy-saving technologies, the formed complexes of machines and equipment, representing a uniform system-synergetic patterns, optimally performing their objective functions. The results of analytical studies have shown that the effective power mechanized-machine technology significantly less machine, machine technology compared with mechanized-machine have great technological production speed of whips; machine technology compared with mechanized-machine have smaller specific technological production speed of whips.

Key words: felling, skidding, tree trimming, specific performance, consistency.

БАЗАРОВ Сергей Михайлович – профессор Санкт-Петербургского государственного лесотехнического университета, доктор технических наук, профессор.

194021, Институтский пер., д. 5, Санкт-Петербург, Россия. E-mail: tlzp@inbox.ru

BAZAROV Sergei M. – DSc (Engineering), St. Petersburg State Forest University. 194021. Institute per. 5. St. Petersburg. Russia. E-mail: tlzp@inbox.ru

СОЛОВЬЕВ Александр Николаевич – доцент Санкт-Петербургского государственного лесотехнического университета, кандидат технических наук.

194021, Институтский пер., д. 5, Санкт-Петербург, Россия. E-mail: spb.soloviev@mail.ru

SOLOVIEV Aleksandr N. – PhD (Engineering), Associate Professor, St. Petersburg State Forest University.

194021. Institute per. 5. St. Petersburg. Russia. E-mail: spb.soloviev@mail.ru