

С.М. Базаров, А.Н. Соловьев

АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СКОРОСТИ ПРОИЗВОДСТВА КРУГЛОГО ЛЕСА СИСТЕМОЙ МЕХАНИЗМОВ И МАШИН

Введение. В рыночных условиях развития лесной отрасли объем сортиментной заготовки непрерывно увеличивается вследствие ее экономической выгоды и экологичности. Технологические операции заготовки круглого леса могут производиться различным сочетанием механизмов, машин и оборудования, образующих единые взаимосвязанные системно-синергетические комплексы. Наиболее информативными критериями динамической связанности комплексов являются их эффективные технологические скорости производства лесопроductии, мощности и удельные технологические скорости [1].

Методика и результаты исследования динамической связанности механизированно-машинных комплексов заготовки круглого леса на лесосеке.

1. Производство сортиментов комплексом *бензиномоторная пила – трелевочный трактор – процессор – погрузчик*. Технологические операции, выполняемые комплексом: *валка – бензиномоторной пилой Хускварна 262, трелевка – трактором ТБ-1М, обрезка сучьев и раскряжевка – процессором ЛО-120, погрузка сортиментов – погрузчиком ПЛ-32А.*

Технологическая скорость производства сортиментов рассматриваемым комплексом

$$V_{T4} = 4S^{-1}_x \Pi_1 \Pi_2 \Pi_3 \Pi_4 / (\Pi_1 \Pi_2 \Pi_3 + \Pi_1 \Pi_2 \Pi_4 + \Pi_1 \Pi_3 \Pi_4 + \Pi_2 \Pi_3 \Pi_4), \quad (1)$$

или

$$V_{T4} = 4V^{-1}_x L \Pi_1 \Pi_2 \Pi_3 \Pi_4 / (\Pi_1 \Pi_2 \Pi_3 + \Pi_1 \Pi_2 \Pi_4 + \Pi_1 \Pi_3 \Pi_4 + \Pi_2 \Pi_3 \Pi_4).$$

Здесь L – длина хлыста/сортимента.

Производительность бензопилы при валке деревьев [2]

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

время производства

$$t_x = t_1 + t_2 + t_3. \quad (3)$$

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

Производительность трелевочного трактора

$$\Pi_2 = V_x n / (S/v_0 + S/v_g + t_{np} + t_0). \quad (4)$$

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

Производительность сучкорезно-раскряжевой машины (процессора)

$$\Pi_3 = V_x / (t_1 + t_2 n + t_3 + t_n n + t_4 n + t_5). \quad (5)$$

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_n – время отпиливания сортимента; n – количество выпиливаемых сортиментов с хлыста; t_4 – время на открытие захвата протаскивающего устройства; t_5 – время возвращения в исходное положение.

Производительность челюстного погрузчика

$$\Pi_4 = V_n / (t_1 + t_2 + t_3). \quad (6)$$

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

Технологическая мощность данного комплекса

$$N = 4 [N_1 N_2 N_3 N_4 / (N_1 N_2 N_3 + N_1 N_2 N_4 + N_1 N_3 N_4 + N_2 N_3 N_4)] = 11,76 \text{ кВт}. \quad (7)$$

Здесь N_1 – мощность бензопилы Хускварна 262; N_2 – мощность трелевочного трактора ТБ-1М; N_3 – мощность процессора; N_4 – мощность погрузчика ПЛ-32А.

Удельная технологическая скорость

$$v_{T4} = V_{T4} / N, \quad (8)$$

или

$$v_{T4} = [V_x^{-1} L \Pi_1 \Pi_2 \Pi_3 \Pi_4 / (\Pi_1 \Pi_2 \Pi_3 + \Pi_1 \Pi_2 \Pi_4 + \Pi_1 \Pi_3 \Pi_4 + \Pi_2 \Pi_3 \Pi_4)] \times [N_1 N_2 N_3 N_4 / (N_1 N_2 N_3 + N_1 N_2 N_4 + N_1 N_3 N_4 + N_2 N_3 N_4)]^{-1}. \quad (9)$$

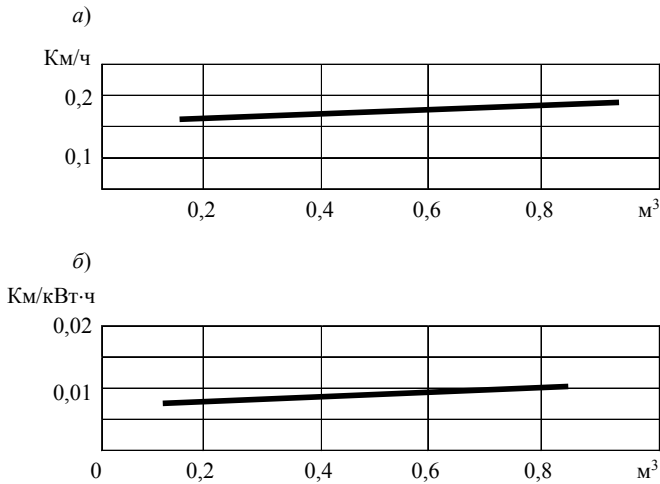


Рис. 1. Графики зависимостей а) технологической скорости и б) удельной технологической скорости производства сортиментов длиной 4 м от объема. Комплекс: бензиномоторная пила (Хускварна 262) – трелевочный трактор (ТБ-1М) – процессор (ЛО-120) – погрузчик (ПЛ-32А)

На рис. 1, а, б показаны графики зависимостей и удельной технологической скорости производства сортиментов длиной 4 м от объема для комплекса бензиномоторная пила (Хускварна 262) – трелевочный трактор (ТБ-1М) – процессор (ЛО-120) – погрузчик (ПЛ-32А).

2. Производство сортиментов комплексом валочно-трелевочный трактор – бензопила – погрузчик. Технологические операции, выполняемые комплексом: валка и трелевка – валочно-трелевочным трактором ЛП-17 – обрезка сучьев и раскряжевка – бензопилой Хускварна 262 – погрузка на лесовозный транспорт – погрузчиком ПЛ-32А.

Технологическая скорость рассматриваемого комплекса машин

$$V_3 = 3 S^{-1}_x \Pi_1 \Pi_2 \Pi_3 / (\Pi_1 \Pi_2 + \Pi_1 \Pi_3 + \Pi_2 \Pi_3), \quad (10)$$

или

$$V_{T3} = 3 V^{-1}_x L \Pi_1 \Pi_2 \Pi_3 / (\Pi_1 \Pi_2 + \Pi_1 \Pi_3 + \Pi_2 \Pi_3).$$

Производительность валочно-трелевочной машины

$$\Pi_1 = V_x n [10^4 V_x n / Q b v_1 + ((t_1 + V_x (f \phi p (L-1,3))^{-1} + t_2 + t_3)) n + S/v_2 + S/v_3 + t_4]^{-1},$$

$$\text{или} \quad \Pi_1 = V_x / t_x, \quad (11)$$

где $t_x = n^{-1} [10^4 V_x n / Q b v_1 + ((t_1 + V_x (f \varphi p (L - 1,3))^{-1} + t_2 + t_3)) n + S / v_2 + S / v_3 + t_4]$.
 Здесь n – среднее число деревьев в пачке; Q – эксплуатационный запас древесины на 1 га; b – ширина полосы леса, разрабатываемой машиной за один проход; v_1 – средняя скорость движения машины при переездах с одной позиции на другую; t_1 – время на подготовку дерева к спилу; f – видовое число ствола; $\varphi = 0,7 \dots 0,8$; p – производительность чистого пиления срезающего механизма; L – средняя высота деревьев в насаждениях; t_2 – время на повал спиленного дерева; t_3 – время на укладку спиленного дерева; S – среднее расстояние трелевки; v_2 – средняя скорость движения машины с грузом; v_3 – средняя скорость движения машины без груза; t_4 – время сброса пачки на погрузочном пункте.

Производительность бензопилы при обрезке сучьев и раскряжевке

$$\Pi_3 = V_x / t_x, \quad (12)$$

время производства $t_x = t_1 + t_2 + t_3 + t_4$.

Здесь t_1 – время на обрезку сучьев; t_2 – время на раскряжевку; t_3 – время на маркировку; t_4 – время на переход к следующему дереву.

Производительность челюстного погрузчика Π_3 определяется формулой (6).

Технологическая мощность данного комплекса

$$N = 3 [N_1 N_2 N_3 / (N_1 N_2 + N_1 N_3 + N_2 N_3)] = 9,11 \text{ кВт}. \quad (13)$$

Здесь N_1 – мощность валочно-трелевочной машины ЛП-17; N_2 – мощность бензопилы Хускварна 262; N_3 – мощность погрузчика ПЛ-32А.

На рис. 2, а, б показаны графики зависимостей и удельной технологической скорости технологической скорости производства сортиментов от объема комплексом *валочно-трелевочная машина ЛП-17 – бензопила Хускварна 262 – погрузчик ПЛ-32А*.

3. Производство сортиментов комплексом: *валочно-пакетирующая машина – трелевочный трактор с пачковым захватом – бензопила – погрузчик*. Технологические операции, выполняемые комплексом: *валка и пакетирование* – валочно-пакетирующей машиной ЛП-19А – *трелевка* – трелевочным трактором с пачковым захватом ТБ-1М – *обрезка сучьев и раскряжевка* бензопилой СТНЛ – *погрузка на лесовозный транспорт* – погрузчиком ПЛ-32А.

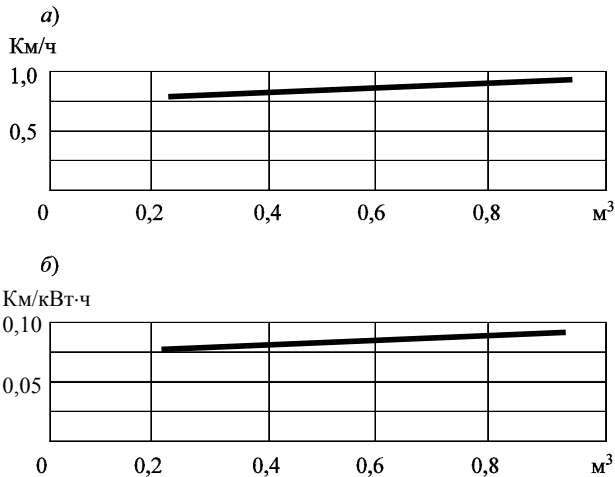


Рис. 2. Графики зависимостей технологической скорости (а) и удельной технологической скорости (б) производства сортиментов длиной 4 м от объема.

Комплекс соответственно: валочно-трелевочная машина (ЛП-17) – бензопила (Хускварна 262) – погрузчик (ПЛ-32А); валочно-трелевочная машина (ЛП-17) – бензопила (Хускварна) – погрузчик (ПЛ-32А)

Технологическая скорость производства сортиментов рассматриваемым комплексом

$$V_{T4} = 4S^{-1}_x \Pi_1 \Pi_2 \Pi_3 \Pi_4 / (\Pi_1 \Pi_2 \Pi_3 + \Pi_1 \Pi_2 \Pi_4 + \Pi_1 \Pi_3 \Pi_4 + \Pi_2 \Pi_3 \Pi_4),$$

или

$$V_{T4} = 4V^{-1}_x L \Pi_1 \Pi_2 \Pi_3 \Pi_4 / (\Pi_1 \Pi_2 \Pi_3 + \Pi_1 \Pi_2 \Pi_4 + \Pi_1 \Pi_3 \Pi_4 + \Pi_2 \Pi_3 \Pi_4).$$

Здесь L – длина хлыста/сортимента.

Производительность валочно-пакетирующей машины

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

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 сталкивания спиленного дерева, с; t_3 – время на укладку дерева в пакет, с; t_4 – время сброса пачки и выравнивание комлей.

Средний объем пачки

$$V_n = V_x n.$$

Здесь n – число хлыстов в пачке; V_x – средний объем хлыста.

Производительность $\Pi = V_x / t_x$, или $t_x = V_x / \Pi$.

Здесь время производства среднего объема определяется выражением

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

Производительность трелевочного трактора Π_2 определяется формулой (4); производительность бензопилы при обрезке сучьев и раскряжевке находится по формуле (12); производительность погрузчика определяется формулой (6).

Технологическая мощность данного комплекса

$$N = 3 [N_1 N_2 N_3 / N_1 N_2 + N_1 N_3 + N_2 N_3] = 9,12 \text{ кВт.}$$

Здесь N_1 – мощность валочно-трелевочной машины ЛП-17; N_2 – мощность бензопилы (СТИЛ); N_3 – мощность погрузчика ПЛ-32А.

На рис. 3 показаны графики зависимостей технологической скорости и удельной технологической скорости производства сортиментов длиной 4 м от объема для комплекса: валочно-пакетирующая машина ЛП-19А – трелевочный трактор ТБ-1М – бензопила СТИЛ – погрузчик ПЛ-32А.

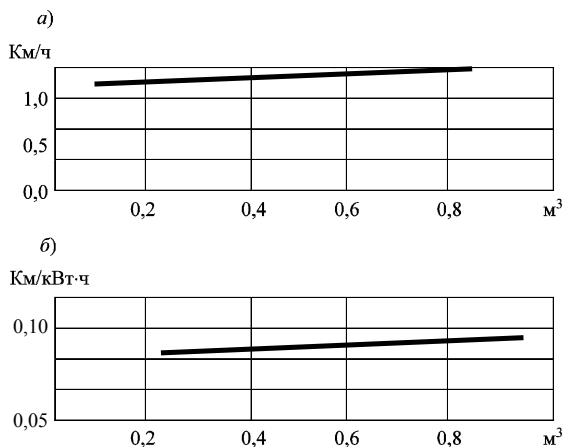


Рис. 3. Графики зависимостей удельной технологической скорости (а) и удельной технологической скорости (б) производства сортиментов длиной 4 м от объема.

Комплекс соответственно: валочно-пакетирующая машина (ЛП-19А) – трелевочный трактор (ТБ-1М) – бензопила ((СТИЛ) – погрузчик (ПЛ-32А); валочно-пакетирующая машина (ЛП-19А) – трелевочный трактор (ТБ-1М) – бензопила ((СТИЛ) – погрузчик (ПЛ-32А)

Заключение. Результаты аналитического исследования производства сортиментов на лесосеке механизированно-машинными комплексами показывают: технологическая скорость и удельная технологическая скорость в процессах, в которых дважды применяются ручные операции с применением бензопил, существенно ниже, по сравнению с технологиями с их однократным использованием.

Библиографический список

1. *Базаров С.М., Соловьев А.Н.* Оценка динамических критериев эффективности лесных машин // Вестник КрасГАУ. Красноярск, 2014. Вып. 1. С. 140–147.
2. *Базаров С.М., Бельный Ю.И., Кожемякин А.В.* Системный анализ работы комплексов механизмов и машин заготовки круглого леса на лесосеке. СПб.: СПбЛТА, 2010. 88 с.

Bibliography

1. *Bazarov S.M., Solov'ev A.N.* Otsenka dinamicheskikh kriteriev effektivnosti lesnykh mashin. *Vestnik KrasGAU*. Krasnoirsk, 2014. Vyp. 1. S. 140–147. (Rus)
2. *Bazarov S.M., Belen'kii Yu.I., Kozhemiakin A.V.* Sistemnyi analiz raboty kompleksov mekhanizmov i mashin zagotovki kruglogo lesa na lesoseke. SPb.: SPbLTA, 2010. 88 s. (Rus)

Базаров С.М., Соловьев А.Н. Анализ технологической скорости производства круглого леса системой механизмов и машин // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. 2014. Вып. 208. С. 103–110.

Системы механизмов и машин производства круглого леса на лесосеке представляют собой синергетические структуры, оптимальное производство которых достигается высокой степенью синхронизации процесса в целом. Наиболее информативным критерием взаимосвязанности технологических операций, выполняемых комплексами, являются эффективные технологическая скорость производства, мощность и удельная технологическая скорость, представленные для рассматриваемых комплексов.

Ключевые слова: мощность, комплекс, синхронность, удельная производительность.

Bazarov S.M., Soloviev A.N. Analysis of the technological production speed roundwood system of mechanisms and machines. *Izvestia Sankt-Peterburgskoj Lesotekhniceskoj Akademii*, 2014, is. 208, pp. 103–110 (in Russian with English summary).

System of mechanisms and machines production of round timber reforestation represent a synergistic structure, optimal production of which achieved a high degree of synchronization process. The most informative criterion of interconnectedness of technological operations complexes, are effective technological production speed, capacity and specific technological speed, presented for the considered systems.

К е у в о р д с : power, complex, synchronicity, specific productivity.

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, 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

SOLOV'EV Aleksandr N. – PhD, St. Petersburg State Forest University.

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