

Литература

1. Методика выбора рабочих передач трелевочного трактора / С.А. Шуткин, В.Л. Довжик, Куан Ву Хай [и др.] // Изв. Санкт-Петербур. лесотехн. акад. – СПб.: СПб ГЛТУ, 2012. – Вып. 2012.
2. Парфенов А.П., Щетинин Ю.С. Тяговый расчет гусеничной транспортно-тяговой машины: метод. указания. – М.: МГТУ «МАМИ», 2002. – 75 с.
3. Сергеев В.П. Обоснование основных параметров гидромеханической трансмиссии лесопромышленных тракторов: автореф. дис. ... канд. техн. наук. – Л.: ЛТА, 1990. – 19 с.
4. Тяговый расчет трелевочных тракторов / Б.Г. Мартынов [и др.]. – СПб.: СПб ЛТА, 2008. – 64 с.
5. Анисимов Г.М. Условия эксплуатации и нагруженность трансмиссии трелевочного трактора. – М.: Лесн. про-сть, 1975. – 165 с.



УДК 630.323

С.М. Базаров, А.Н. Соловьев

СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СКОРОСТИ ПРОЦЕССА ПРОИЗВОДСТВА ХЛЫСТОВ КОМПЛЕКСОМ ЛЕСНЫХ МАШИН И МЕХАНИЗМОВ

В статье рассматриваются комплексы машин и механизмов, выполняющие последовательные операции производства хлыстов на лесосеке. С позиции системно-синергетического подхода они представляют собой единую динамическую структуру, качество которой определяется эффективной технологической скоростью и мощностью.

Ключевые слова: валка, трелевка, обрезка сучьев, погрузка.

S.M. Bazarov, A.N. Soloviev

SYSTEM ANALYSIS OF THE PROCESS TECHNOLOGICAL SPEED OF WHIP PRODUCTION BY FOREST MACHINE AND MECHANISM COMPLEX

The complexes of machines and mechanisms performing successive operations of whip production in the cutting area are considered in the article. From the viewpoint of system-synergetic approach they represent a single dynamic structure, which quality is determined by the effective technological speed and capacity.

Key words: felling, skidding, bough trimming, loading.

Введение. В многофакторных рыночных условиях развития лесной отрасли хлыстовая заготовка древесины позволяет оптимально решать задачу комплексного использования древесины. На рынке лесозаготовительной техники имеется достаточно большое количество машин, механизмов и оборудования, позволяющих формировать необходимый технологический процесс производства.

Комплексы машин и механизмов, последовательно выполняющие технологические операции производства хлыстов на лесосеке, представляют собой единую взаимосвязанную системно-синергетическую структуру, динамическими критериями связанности которой в целом является технологическая скорость производства и мощность. Поэтому определение технологической скорости процесса, осуществляемого комплексом, является необходимым условием его эффективной работы, связанной с обеспечением максимальной производительности при наименьших энергетических потерях.

Методика и результаты исследований. Ниже представлены результаты аналитического анализа технологической скорости производства хлыстов на лесосеке различными машинно-механизированными системами.

Производство хлыстов комплексом: бензопила – трелевочный трактор – бензопила – челюстной погрузчик. В лесозаготовительном производстве бензопилы находят широкое применение и это обусловлено тем обстоятельством, что валщик с бензопилой способен наносить минимальный вред лесной среде.

В технологическую операцию процесса заготовки хлыстов, выполняемую данным комплексом, входят валка деревьев, трелевка, обрезка сучьев на погрузочном пункте, погрузка на лесовозный автопоезд.

В данном комплексе валка деревьев осуществляется бензопилой Хускварна-262, трелевка – трелевочным трактором с манипулятором ТБ-1М, обрезка сучьев на погрузочном пункте – бензопилой «Тайнага-245», погрузка на лесовозный автопоезд – челюстным погрузчиком ЛТ-65Б.

Технологическая скорость производства рассматриваемого комплекса рассчитывается по формуле:

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

или

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

где S_x , V_x , L – соответственно среднее поперечное сечение, объем и длина хлыста.

Производительность бензопилы определяется по формуле [1, 2]

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

а время производства как

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

где t_1 – время на подпил, спиливание и сталкивание дерева; t_2 – время на переход к следующему дереву; t_3 – время на подготовку рабочего места.

Производительность трелевочного трактора находят по формуле:

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

где $V_x n = V_n$ – средний объем трелеваемой пачки, м³; n – число деревьев в пачке; S – среднее расстояние трелевки, м; 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.

Производительность бензопилы при обрезке сучьев определяют по формуле

$$\Pi_3 = V_x / t_x, \quad (5)$$

время как

$$t_x = t_1 + t_5,$$

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

Производительность челюстного погрузчика находят по формуле

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

грузоподъемность пачки деревьев равна

$$V_n = V_x n,$$

где t_1 – время погрузки пачки: захват пачки, её подъем, переход с пачкой к подвижному составу, опускание пачки, её укладка и возвращение пустого захвата; t_2 – время подготовки подвижного состава к погрузке; t_3 – время оправки крепления воя после погрузки.

Технологическая мощность данного комплекса равна [1]:

$$N = 4 N_1 N_2 N_3 N_4 / (N_1 N_2 N_3 + N_1 N_2 N_4 + N_1 N_3 N_4 + N_2 N_3 N_4) = 5,5 \text{ кВт}, \quad (6a)$$

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

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

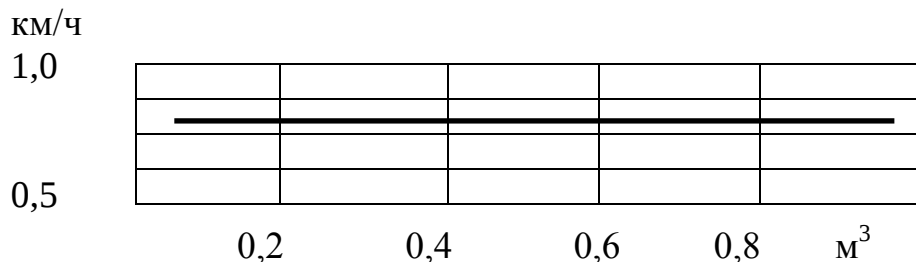


Рис. 1. График зависимости технологической скорости производства хлыстов от объема для комплекса бензопила «Хускварна-262» – трелевочный трактор с манипулятором ТБ-1М – бензопила «Тайга-245» – челюстной погрузчик ЛТ-65Б

Удельной технологической скорости соответствует формула

$$v_{T4} = V_{T4} / N. \quad (66)$$

График зависимости удельной технологической скорости производства хлыстов от объема для рассматриваемого комплекса представлен на рис. 2.

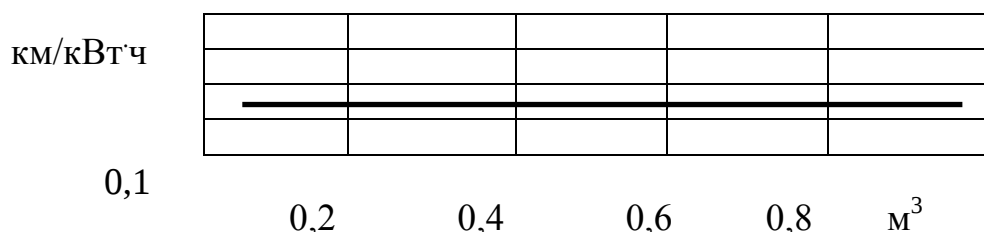


Рис. 2. График зависимости удельной технологической скорости производства хлыстов от объема для комплекса бензопила «Хускварна-262» – трелевочный трактор с манипулятором ТБ-1М – 2 бензопилы «Тайга-245» – челюстной погрузчик ЛТ-65Б

Производство хлыстов комплексом валочно-пакетирующая машина – гусеничный трактор с пачковым захватом – сучкорезная машина – челюстной погрузчик. Технологические операции, в которые входят валка и пакетирование деревьев, трелевка, обрезка сучьев и 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 равна:

$$V_{T4} = 4S^{-1}_x \Pi_1 \Pi_2 \Pi_3 \Pi_4 / (\Pi_1 \Pi_2 \Pi_3 + \Pi_1 \Pi_2 \Pi_4 + \Pi_1 \Pi_3 \Pi_4 + \Pi_2 \Pi_3 \Pi_4), \quad (7)$$

или

$$V_{T4} = 4V^{-1}_x L \Pi_1 \Pi_2 \Pi_3 \Pi_4 / (\Pi_1 \Pi_2 \Pi_3 + \Pi_1 \Pi_2 \Pi_4 + \Pi_1 \Pi_3 \Pi_4 + \Pi_2 \Pi_3 \Pi_4), \quad (8)$$

производительность валочно-пакетирующей машины [3]:

$$\Pi_1 = V_n / [10^4 V_v / Qbv + (t_1 + V_x / (\varphi \Pi_{пл} f(L-1,3) + t_2 + t_3) V_n / V_x + t_4], \quad (9)$$

где V_n – средний объем формируемой пачки, m^3 ; Q – ликвидный запас древесины на 1 га, m^3 ; 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; $\Pi_{пл}$ – произво-

длительность чистого пиления срезающего устройства, м³/с; ϕ – коэффициент использования производительности чистого пиления; f – видовое число ствола 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.

Производительность трелевочного трактора Π_2 определяется по формуле (4). Производительность сучкорезной машины находят как:

$$\Pi_3 = V_x / (t_1 + t_2 n + t_3 + t_4 n + t_5), \quad (10)$$

где 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 определяют по формуле (6). Технологическая мощность данного комплекса равна:

$$N = 4 N_1 N_2 N_3 N_4 / (N_1 N_2 N_3 + N_1 N_2 N_4 + N_1 N_3 N_4 + N_2 N_3 N_4) = 88 \text{ кВт}, \quad (11)$$

где 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 рисунке 3 показаны результаты расчетов зависимости технологической скорости производства хлыстов от объема для комплекса машин: валочно-пакетирующая машина ЛП 19А; гусеничный трактор с пачковым захватом ЛТ154А; сучкорезная машина ЛП-33А; челюстной лесопогрузчик ЛТ-65Б.

На рисунке 4 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.

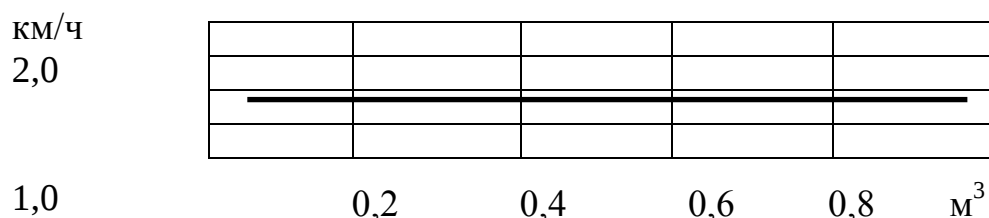


Рис. 3. График зависимости технологической скорости производства хлыстов от объема для комплекса машин: валочно-пакетирующая машина ЛП 19А; гусеничный трактор с пачковым захватом Лт 154А; сучкорезная машина ЛП-33А; челюстной лесопогрузчик ЛТ-65Б



Рис. 4. График 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

Производство хлыстов комплексом машин: валочно-трелевочная машина – сучкорезная машина – челюстной погрузчик. Технологические операции валка и трелевка, обрезка сучьев на погрузочном пункте, погрузка на лесовозный автопоезд производятся в комплексе валочно-трелевочной машиной ЛП 17, сучкорезной машиной ЛП-33А, челюстным погрузчиком ЛТ-65Б. Технологическая скорость производства хлыстов рассматриваемого комплекса равна:

$$V_{T3} = 3S^{-1}_x \Pi_1 \Pi_2 \Pi_3 / (\Pi_1 \Pi_2 + \Pi_1 \Pi_3 + \Pi_2 \Pi_3), \quad (12)$$

или

$$V_{T3} = 3V_x^{-1} L \Pi_1 \Pi_2 \Pi_3 / (\Pi_1 \Pi_2 + \Pi_1 \Pi_3 + \Pi_2 \Pi_3). \quad (12a)$$

Производительность валочно-трелевочной машины составляет [3]:

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

где $t_x = n^{-1} [10^4 V_x n / Q b v_1 + ((t_1 + V_x (f \rho (L-1,3))^{-1} + t_2 + t_3)) n + S/v_2 + S/v_3 + t_4]$; Q – эксплуатационный запас древесины на 1 га; b – ширина полосы леса, разрабатываемой машиной за один проход; v_1 – среднее скорость движения машины при переездах с одной позиции на другую; t_1 – время на подготовку дерева к спиливанию; f – видовое число ствола; $\rho = 0,7 - 0,8$; ρ – производительность чистого пиления срезающего механизм; 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 сучкорезной машины Π_2 определяется по формуле (10), производительность челюстного погрузчика – по формуле (6).

Технологическая мощность данного комплекса равна:

$$N = 3 N_1 N_2 N_3 / (N_1 N_2 + N_1 N_3 + N_2) = 83,3 \text{ кВт},$$

где N_1 – мощность валочно-трелевочной машины ЛП 17; N_2 – мощность сучкорезной машины ЛП-33А; N_3 – мощность челюстного погрузчика ЛТ-65Б.

На рисунке 5 представлен график зависимости технологической скорости производства хлыстов от объема комплексом машин: валочно-трелевочная машина ЛП 17; сучкорезная машина ЛП-33А; челюстной погрузчик ЛТ-65Б.

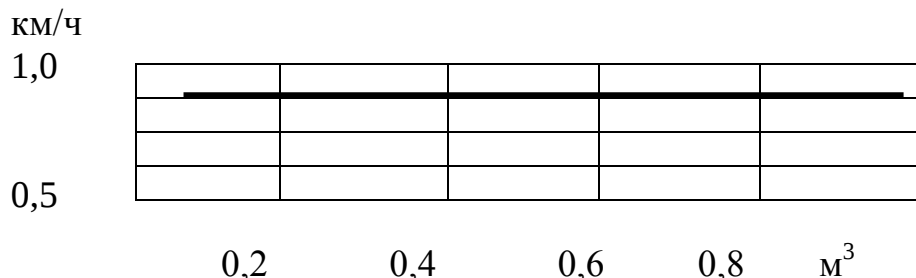


Рис. 5. График зависимости технологической скорости производства хлыстов от объема комплексом машин: валочно-трелевочная машина ЛП 17; сучкорезная машина ЛП-33А; челюстной погрузчик ЛТ-65Б



Рис. 6. График зависимости удельной технологической скорости производства хлыстов от объема комплексом машин: валочно-трелевочная машина ЛП 17; сучкорезная машина ЛП-33А; челюстной погрузчик ЛТ-65Б

На рисунке 6 представлен график зависимости удельной технологической скорости производства хлыстов от объема комплексом машин: валочно-трелевочная машина ЛП 17; сучкорезная машина ЛП-33А; челюстной погрузчик ЛТ-65Б.

Заключение. Результаты выполненного исследования показывают, что: 1) эффективная мощность механизировано-машинной технологии составляет 5,5 кВт, в то время как для представленных машинных соответственно 88 и 83,3 кВт; 2) технологическая скорость механизировано-машинной технологии (0,70 км/ч)

практически такого же порядка величины, что и у машинных (1,15 и 0,89 км/ч); 3) удельная технологическая скорость механизировано-машинной технологии (0,131 км/кВт·ч) практически на порядок величины выше, чем у машинных (0,013 и 0,011 км/кВт·ч), а это означает, что присутствие механизированной операции в машинной технологии способствует энергосбережению.

Литература

1. Базаров С.М., Беленький Ю.И., Кожемыкин А.В. Системный анализ работы комплексов механизмов и машин заготовки круглого леса на лесосеке. – СПб.: СПбГЛТА, 2010. – 86 с.
2. Матвейко А.П. Технология и оборудование лесозаготовительного производства. – Минск: Техноперспектива, 2006. – 448 с.
3. Шегельмен И.Р., Скрыпник В.И., Галактионов О.Н. Техническое оснащение современных лесозаготовок. – СПб.: ПРОФИ-ИНФОРМ, 2005. – 338 с.

