

мени на настройку смесительного оборудования и подобрать более рациональный вариант совместной работы смесителя и дозатора непрерывного действия.

Литература

1. *Бородулин Д.М., Иванец В.Н. Развитие смесительного оборудования центробежного типа для получения сухих и увлажненных комбинированных продуктов: монография.* – Кемерово, 2012. – 178 с.
2. *Бородулин Д.М., Андрюшков А.А. Прогнозирование сглаживающей способности центробежного смесителя на основе корреляционного анализа // Техника и технология пищевых производств.* – 2009. – № 4. – С. 40–43.
3. *Иванец В.Н., Бородулин Д.М., Андрюшков А.А. Анализ работы смесителей непрерывного действия центробежного типа на основе корреляционного подхода // Хранение и переработка сельхоз сырья.* – 2012. – № 8. – С. 23–26.
4. *Ратников С.А. Разработка и исследование непрерывнодействующего смесительного агрегата центробежного типа для получения сухих и увлажненных комбинированных продуктов: дис...канд.техн.наук: 05.18.04: защищена 11.05.01.* – Кемерово, 2001. – 201 с. библиогр.: С. 98-141.



УДК 630.658.012.011.56.621

С.М. Базаров, А.Н. Соловьев

ЛЕСОЗАГОТОВИТЕЛЬНАЯ ЛОГИСТИКА

В статье рассматривается структура лесотехнологической логистики с учетом устойчивого развития лесопромышленных предприятий, способная обеспечить выполнение операций на лесосеке в кратчайшее время.

Ключевые слова: *лесотехнологическая логистика, кратчайшее время, скорость, производство, перемещение, система.*

S.M. Bazarov, A.N. Soloviev

LOGGINGLOGISTICS

The structure of the forest-technological logistics, taking into account the sustainable development of the timber industry enterprises, capable of providing the performance of operations at the cutting area in the shortest time is considered in the article.

Key words: *forest-technological logistics, the shortest time, speed, production, movement, system.*

Введение. В рыночных условиях развития лесной отрасли эффективное развитие предприятий во многом зависит от того, насколько логистика, теория сложных систем, анализ многофакторных операций, оптимальное управление, экология и другие факторы, учитывающие специфику лесных технологий, применяются при формировании и управлении производством лесоматериалов и его транспортом к потребителям.

Лесозаготовительное производство представляет собой технологические системы заготовки и перемещения древесины от мест естественного произрастания до потребителей, выполняемые путем валки леса, очистки деревьев от сучьев, раскряжевки хлыстов на сортименты, трелевки, погрузки, лесотранспортировки и др. Технические и переместительные операции, осуществляемые комплексами машин, механизмов и оборудования по производству лесоматериалов и их транспортировке лесовозами осуществляются в достаточно сложных многофакторных древесных средах, обусловленных природными почвенно-климатическими условиями. Системы лесных машин представляют собой единые взаимосвязанные и взаимозависимые динамические структуры, эффективность которых зависит от их способности к самоорганизации и оптимизации своих целевых функций как необходимых условий устойчивого развития лесопромышленных предприятий.

С рассматриваемых позиций необходимо построение лесозаготовительной логистики как лесотехнологической, которая должна стать одной из основных составляющих лесопромышленной логистики [1]. В лесотехнологической логистике необходимо объединение логистики производства и перемещения (транспорта) с учетом специфики динамических критериев эффективности лесных технологий: кратчайшее время, а также путь выполнения операций при энергосберегающих режимах перемещения на лесосеке.

Методика и результаты исследований. На рынке лесного машиностроения имеет место широкий спектр механизмов, машин и оборудования лесозаготовки и лесотранспорта: бензиномоторные пилы, валочные и валочно-пакетирующие машины, трелевочные трактора, валочно-трелевочные машины, многооперационные машины (харвестеры), сортиментовозы (форвардеры), процессоры, лесовозные автомобили, автомобильные прицепы и другие, объемная производительность которых определяется по обобщенной формуле:

$$П = V / t, \quad (1)$$

где V , t – соответственно объем и время производства (или перемещения) выполняемой технологической операции.

Для технологических операций валки, обрезки сучьев и раскряжевки

$$V = V_x,$$

где V_x – средний объем хлыста, определяемый по таксационным характеристикам лесосеки.

Объем лесопroduкции при переместительных операциях (трелевка, погрузка, транспорт) можно записать в виде:

$$V = V_x n_x,$$

где n_x – число хлыстов в единичном объёме перемещения, тогда обобщенная формула производительности лесных машин производства лесоматериалов и их перемещения принимает вид:

$$П = П_x = V_x / t_x, \quad (2)$$

где $t_x = t / n_x$ – нормированное время переместительной операции на один хлыст.

Производительность комплексов механизмов, машин и оборудования как единой структуры производства определяется формулой [2]:

$$П_c = V_x N / \sum t_{xi}, \quad i=1, 2, 3, \dots, N, \quad (2a)$$

где N – число выполняемых технологических операций.

Формула (2) указывает на возможность обобщенного представления всех лесозаготовительных операций как переместительных, которые в свою очередь должны характеризоваться своими технологическими скоростями в процессе.

Согласно формуле (2), средний объём хлыста становится постоянным параметром состояния всего непрерывного технологического цикла производства лесоматериалов и их перемещения как на лесосеке, так и при транспортировке в лесопромышленные предприятия.

Средний объём хлыста можно записать в виде

$$V_x = S_x L_x, \quad (3)$$

где S_x – площадь поперечного сечения хлыста, осредненная по его длине L_x .

Согласно (3), длина хлыста наряду со средним объёмом хлыста является также постоянным параметром в технологическом процессе лесозаготовки.

На основании формул (2) и (3) можно ввести представление технологической скорости производства и перемещения на один хлыст:

$$U_x = L_x / t_x = П_x / S_x. \quad (4)$$

Обратная величина технологической скорости производства (перемещения)

$$t_x = 1 / U_x \quad (5)$$

является динамическим параметром состояния технологической операции, который определяет время производства (перемещения) единицы длины лесопродукции.

Суммарное время технологического цикла производства (перемещения) единицы длины равно:

$$T_x = \sum t_{xi}, \quad i = 1, 2, 3, \dots, N, \quad (6)$$

где N – число операций в технологическом процессе.

При непрерывном процессе время производства единицы длины определяется как среднее время в цикле:

$$T^* = T_x / N. \quad (7)$$

Технологическая скорость дискретных циклов равна:

$$U_{ц} = 1 / T_x. \quad (8)$$

При непрерывном производстве на лесосеке технологическая скорость процесса равна:

$$U = 1 / T^* = U_{ц} N. \quad (9)$$

На основании формул (6)–(7) можно определить время цикла производства лесопродукции:

$$T_{ц} = T_x L_{ц}, \quad (10)$$

при непрерывном процессе на лесосеке:

$$T_{цн} = T^* L_{ц},$$

где $L_{ц}$ – общая длина пути технологического процесса производства лесоматериалов от валки деревьев и до погрузки на лесотранспорт на лесосеке.

Тогда объем лесоматериалов, производимых на технологическом пути становится равным

$$V = V_x \sum L_i / L_x, \quad i = 1, 2, 3, \dots, N, \quad (11)$$

где L_i – длина пути выполняемой технологической операции в процессе производства.

Длина технологического пути, время производства на лесосеке являются важными параметрами и определение их кратчайших составляющих от валки деревьев до погрузки, становится необходимым условием оптимизации лесозаготовки.

Важным условием эффективности производства является соблюдение энергосберегающих режимов перемещения на лесосеке. Решение этой задачи можно получить с позиции прямого метода в вариационном исчислении применительно к механике.

Работа по перемещению в общем случае определяется интегральным функционалом, характеризующим энергию перемещения механизма, машины и оборудования при выполнении технологической операции:

$$A = \int W dt, \quad (12)$$

где $W(t, x, v)$ – мощность двигателя, скорость перемещения $v = dx/dt$.

Минимальному значению функционала энергии должно соответствовать условие минимума подинтегральной функции (мощности) при перемещении от начальной пространственно-временной точки пути (t_0, x_0) до конечной (t_k, x_k) . В рассматриваемых условиях согласно вариационному принципу экстремальное (минимальное) представление подинтегральной функции можно получить из уравнения Эйлера-Лагранжа [3]:

$$d(\partial W / \partial v) / dt - \partial W / \partial x = 0. \quad (13)$$

Для мощности имеет место формула

$$W = F v,$$

где F – сила.

При постоянной величине мощности на пути перемещения

$$W = \text{const}$$

получаем условие энергосберегающего перемещения лесоматериалов при выполнении технологических операций на лесосеке

$$F = \text{covst.} \quad (14)$$

Это означает, что энергосберегающими режимами на технологических путях являются только два режима: движение с постоянной скоростью и с постоянным ускорением.

Полученное представление условия энергосберегающего перемещения лесоматериалов в процессе производства позволяют решить задачу построения кратчайшего пути. Решение задачи построим в плоской системе координат (x, y) . Время движения по траектории $y = f(x)$ определяется значением функционала

$$T = \int [1 + (dy/dx)^2]^{1/2} v^{-1} dx. \quad (15)$$

При движении с постоянным ускорением вдоль координаты y скорость равна

$$v = a t = (2ay)^{1/2},$$

и функционал (15) принимает вид

$$T = \int [1 + (dy/dx)^2]^{1/2} (2ay)^{-1/2} dx. \quad (16)$$

Если в (16) ускорение a заменить ускорением силы тяжести g , то приходим к известной задаче нахождения траектории быстрого спуска в гравитационном поле, а такой траекторией является брахистохрона.

На рисунке показана кратчайшая траектория движения лесной машины в системе пасечный волок – магистральный волок (ус) на пасеке.

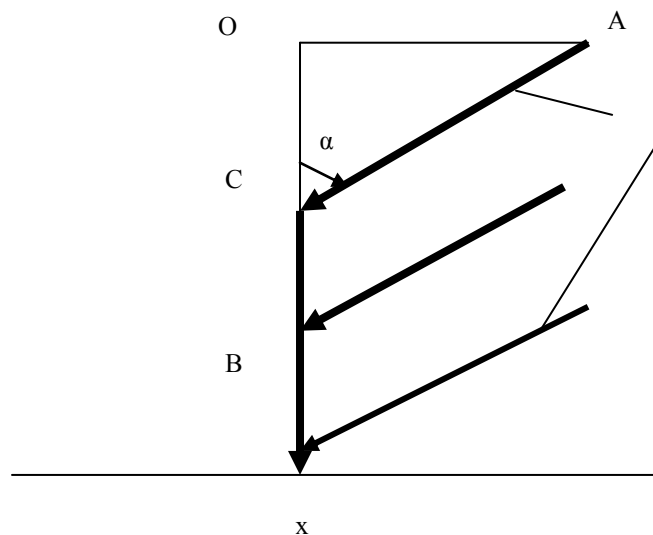


Схема кратчайшего пути перемещения в системе пасечные волокна – магистральный волок (ус): 1 – пасечный волок; OB – магистральный волок; B – место погрузки (расстояние: AO = l; OB = L)

Скорость движения по пасечному волоку меньше скорости движения по магистральному волоку $v_B < V_{MB}$. Время движения в системе пасечной волок – магистральный волок складывается из суммы времен движения с разными скоростями:

$$T = (l^2 + x^2)^{1/2} v_B^{-1} + (L - x) V_{MB}^{-1}, \quad (17)$$

где $OC = x$.

Кратчайший путь определяется условием

$$dT/dx = 0, \quad d^2T/dx^2 > 0.$$

Выполнив дифференцирование, получаем уравнение

$$x [v(l^2 + x^2)^{1/2}]^{-1} - V^{-1} = 0, \quad (18)$$

из которого следует

$$x/l = \beta (1 - \beta^2)^{-1/2}, \quad (19)$$

где относительная скорость $\beta = v_B / V_{MB} < 1$.

Согласно рисунку, угол входа пасечного волока в магистральный волок равен

$$\alpha = \arccos(l/x), \quad (20)$$

где

$$l/x = \beta (1 - \beta^2)^{1/2}. \quad (21)$$

Формулы (20) и (21) позволяют рассчитать угол входа пасечных волоков в магистральный волок (например, при $\beta = 1/2$ угол $\alpha = 60^\circ$), который обеспечивает кратчайшее время перемещения лесоматериалов и более высокую производительность технологического пути.

Заключение. В рыночных условиях лесозаготовительная логистика, дополняя лесопромышленную логистику, формулирует динамические критерии эффективности технологических операций производства лесоматериалов и их перемещений на лесосеке, следование которым будет способствовать устойчивому развитию лесопромышленных предприятий.

Литература

1. *Салминен Э.О., Борозна А.А., Тюрин Н.А.* Лесопромышленная логистика. – СПб.: СПбГЛТА, 2001. – 188 с.
2. *Базаров С.М., Беленький Ю.И., Соловьев А.Н.* Системно-синергетический анализ технологий лесозаготовительного производства. – СПб.: СПбГЛТУ, 2014. – 96 с.
3. *Дж.У. Лич.* Классическая механика. – М.: ИЛ, 1961. – 173 с.

