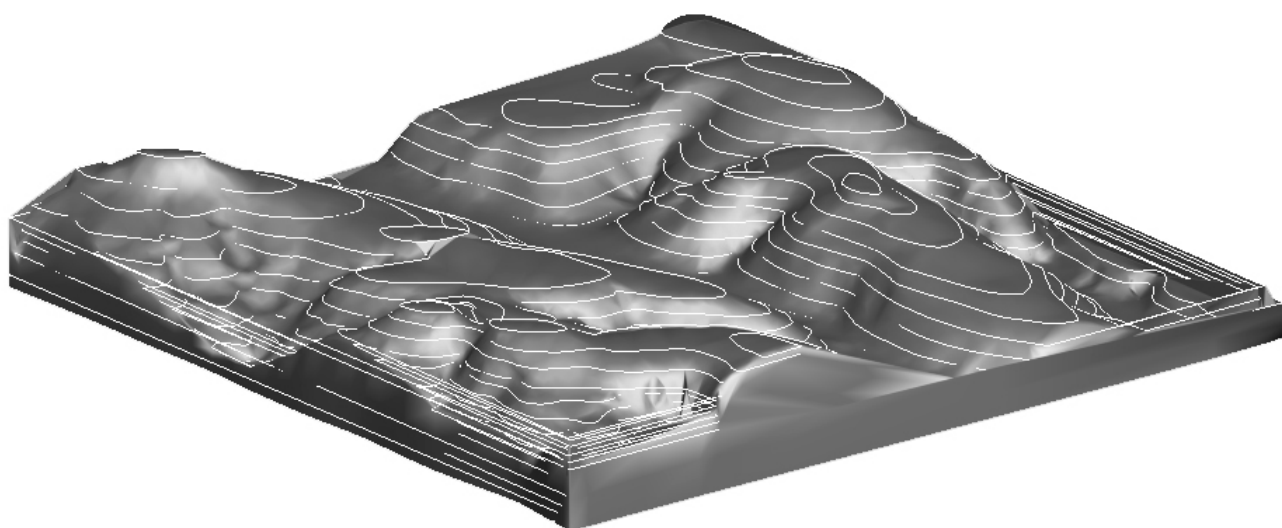


С.М.Базаров, Ю.И.Беленький, А.Н.Соловьев

ЛЕСОЗАГОТОВИТЕЛЬНАЯ ЛОГИСТИКА



Санкт-Петербург

2015

Министерство образования и науки РФ

Государственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ЛЕСОТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени С.М.Кирова»

С.М.Базаров, Ю.И.Беленький, А.Н.Соловьев

ЛЕСОЗАГОТОВИТЕЛЬНАЯ ЛОГИСТИКА

Санкт-Петербург
2015

УДК 630*323

Базаров С.М. Лесозаготовительная логистика / С.М.Базаров, Ю.И.Беленький, А.Н.Соловьев.- СПб: СПбГЛТУ, 2015.- 50 с.
Bazarov S.M., Yu.I.Belenkiy, A.N.Soloviev. Logging logistics. – SPb, 2015. 50p.

ISBN

Современное лесозаготовительное предприятие представляет собой достаточно сложную техническую, технико-экономическую и технологическую пространственно-временную производственную структуру, оптимизация операций и управления в которой должны базироваться на применении логистики, теории операций, теории сложных систем, многофакторного анализа, вариационного исчисления и др.

В лесозаготовительной логистике необходимо объединение логистики производства и перемещения с учетом специфики динамических критериев эффективности лесных технологий: кратчайшие времена и пути выполнения операций при энергосберегающих режимах работы в системе «техника-лес».

Лесозаготовительная логистика формулирует построение оптимального производства как своего рода геодезической в многофакторном информационном пространстве-времени и является составной частью лесопромышленной логистики.

Для студентов вузов, инженерам и технологам, решающих задачи оптимизации производственных процессов.

In the logging necessary logistics association logistics of production and movement-specific dynamic criteria of efficiency of forest technology: the shortest possible times and ways of performing operations with energy-saving modes of operation of equipment at the felling site.

ISBN

© С.М.Базаров, Ю.И.Беленький,
А.Н.Соловьев, 2015

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 др., учитывающих специфику лесных технологий, применяются при формировании и управлении производством лесоматериалов и транспортом к потребителям.

Лесозаготовительное производство представляет собой технологические системы заготовки и перемещения древесины от мест естественного произрастания до потребителей, выполняемыми операциями валки леса, очистки деревьев от сучьев, раскряжевки хлыстов на сортименты, трелевки, погрузки, лесотранспортировки и др.. Здесь технические и переместительные операции, осуществляемыми комплексами машин, механизмов и оборудования по производству лесоматериалов и их транспортировки 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 оптимизации лесных технологий: кратчайшее время и пути выполнения операций на основе энергосберегающих режимов.

1. ДИНАМИЧЕСКИЕ КРИТЕРИИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЛЕСОЗАГОТОВИТЕЛЬНОЙ ЛОГИСТИКИ

1.1. Технологическая скорость производства и перемещения лесоматериалов

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 др.. Производительность каждой из них рассчитывается по формулам, учитывающих специфику

работы: при валке, обрезке сучьев, раскряжевке привязка идет к среднему объему хлыста, а при транспорте к объему перемещаемой древесины.

Необходимым условием качественного информативного анализа работы технических систем лесозаготовки является представление объемной производительности различных последовательно выполняемых технологических операций по единой обобщенной формуле [2]

$$\Pi = V / t , \quad (1.1)$$

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

Для технологических операций валки, обрезки сучьев и раскряжевки с учетом комплексного использования древесины

$$V = V_x (1 + \varepsilon) , \quad (1.1.a)$$

где V_x - средний объем хлыста, определяемый по таксационным характеристикам лесосеки , ε – отношение объема сучьев и веток к объему стволовой древесины, зависящая от породы древесины: для сосны 0,15, у осины 0,05 [].

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

$$V = V_x (1 + \varepsilon) n_x ,$$

где n_x – число хлыстов (сортиментов) в единичном объёме перемещения, тогда обобщенная формула производительности лесных машин производства лесоматериалов и их перемещения с учетом комплексного использования древесного сырья принимает вид

$$\Pi_{\text{ХК}} = V_x (1 + \varepsilon) / t_x , \quad (1.2)$$

где $t_x = t / n_x$ - нормированное время переместительной операции на один хлыст (сортимент).

Производительность согласно (1,2) можно представить в виде суммы производительности стволовой древесины и древесины вторичного сырья

$$\Pi_{\text{ХК}} = \Pi_x + \Pi_{\text{ХВ}} ,$$

Здесь производительность деловой древесины

$$\Pi_x = V_x / t_x , \quad (1.2.a)$$

Производительность древесины сучьев и веток, сопутствующей деловой древесине равна

$$\Pi_{XB} = \varepsilon V_x / t_x . \quad (1.2.6)$$

На основании (1.2.a) можно определить время производства единицы объема деловой древесины для каждой технологической операции

$$T = 1 / \Pi_x = t_x / V_x . \quad (1.3)$$

соответственно по (1.2.б) для вторичного сырья

$$T_B = 1 / \Pi_{XB} . \quad (1.3.a)$$

Эти времена становятся теми динамическими параметрами, которые объединяют работу лесной техники при комплексном освоении древесины: для деловой древесины

$$T_c = T_j = \sum (1 / \Pi_{xj}) = \sum t_{xj} / V_{xj} , \quad j = 1, 2, 3, n, \quad (1.4)$$

и вторичного сырья

$$T_{CB} = \varepsilon^{-1} T_j = \sum (1 / \varepsilon \Pi_{xj}) = \varepsilon^{-1} \sum t_{xj} / V_{xj} , \quad j = 1, 2, 3, n, \quad (1.4.a)$$

тогда производительность комплексов механизмов, машин и оборудования как единой структуры производства определяется формулами: для деловой древесины

$$\Pi_c = 1 / T_c = V_x N / \sum t_{xi} , \quad j = 1, 2, 3, \dots, n , \quad (1.5)$$

и вторичного сырья

$$\Pi_{CB} = \varepsilon / T_c = \varepsilon V_x N / \sum t_{xi} , \quad j = 1, 2, 3, \dots, n , \quad (1.5.a)$$

где n - число выполняемых технологических операций.

Формула (1.5) указывает на возможность обобщенного представления всех лесозаготовительных операций как переместительных, которые в свою очередь должны характеризоваться своими технологическими скоростями в процессе.

Согласно формуле (1.5) средний объем хлыста становится постоянным параметром состояния всего непрерывного технологического цикла производства лесоматериалов и их перемещения, как на лесосеке, так и транспортировки в лесопромышленные предприятия.

Средний объем хлыста можно записать в виде

$$V_x = S_x L_x , \quad (1.6)$$

здесь S_x - площадь поперечного сечения хлыста, осредненная по его длине

L_x .

Согласно (1.6) длина хлыста, наряду со средним объёмом хлыста, является так же постоянным параметром в технологическом процессе лесозаготовки.

На основании (1.2) и (1.6) можно ввести представление технологической скорости производства и перемещения выполняемых операций, нормированных на длину хлыста (сортимента),

$$U_x = L_x / t_x = \Pi_x / S_x, \quad (1.7)$$

Обратная величина технологической скорости производства (перемещения)

$$t_x = 1 / U_x, \quad (1.8)$$

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

Суммарное время технологического цикла производства (перемещения) единицы длины равно

$$T_x = \sum t_{xj}, \quad j = 1, 2, 3, \dots, n, \quad (1.8.a)$$

здесь n – число операций в технологическом процессе.

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

$$T^* = T_x / n. \quad (1.9)$$

Технологическая скорость дискретных циклов равна

$$U_{ц} = 1 / T_x, \quad (1.10)$$

при непрерывном производстве на лесосеке технологическая скорость процесса равна

$$U = 1 / T^* = U_{ц} n. \quad (1.11)$$

На основании формул (1.8.a) и (1.9) можно определить время цикла производства лесопродукции в лесу

$$T_{ц} = T_x L_{ц}, \quad (1.12)$$

и при непрерывном процессе на лесосеке

$$T_{цн} = T^* L_{ц}, \quad (1.13)$$

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

$$L_n = \sum L_j, \quad j = 1, 2, 3, \dots, n,$$

где L_j – длина пути выполняемой технологической операции в процессе производства (от валки деревьев до погрузки на лесовозный транспорт).

Тогда объем лесоматериалов, производимых на технологическом пути лесосеки равен

$$V = S_x \sum L_j, \quad j = 1, 2, 3, \dots, n. \quad (1.14)$$

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

Отметим, что имеет место функциональная связь между средней площадью поперечного сечения хлыста и его длиной

$$S_x = f(L_x),$$

длина сортиментов задается программой раскряжевки хлыста.

Технологическую скорость производства лесопродукции можно представить также в виде

$$U_x = \Pi / S_x. \quad (1.15)$$

Системы механизмов, машин и оборудования, последовательно выполняющих технологические операции производства лесопродукции, представляют собой динамические целостные комплексы, связанные общим технологическим временем.

Технологическое время операции производства одного метра лесопродукции можно определить так же формулой

$$t_x = 1 / U_x = S_x / \Pi. \quad (1.18)$$

Общее технологическое время цикла последовательных операций, выполняемых лесными машинами по производству одного метра лесопродукции, является аддитивным динамическим параметром комплекса, поэтому его можно определить выражением суммы времён

$$t_n = \sum t_{x_i} = S_x \sum \Pi^{-1}_{x_i}, \quad i = 1, 2, \dots, n, \quad (1.19)$$

где n - число последовательно выполняемых операций.

В то же время на основании (1.19) можно записать

$$L t_n = T_0 , \quad (1.20)$$

где T_0 – общее время цикла производства лесопроductии на производственном пути.

Технологическая скорость производства делового лесоматериала в цикле из двух машин равна

$$U_2 = S_x^{-1} \Pi_1 \Pi_2 / (\Pi_1 + \Pi_2) , \quad (1.21)$$

из трех машин

$$U_3 = S_x^{-1} \Pi_1 \Pi_2 \Pi_3 / (\Pi_1 \Pi_2 + \Pi_1 \Pi_3 + \Pi_2 \Pi_3) , \quad (1.22)$$

из четырех машин

$$U_4 = S_x^{-1} \Pi_1 \Pi_2 \Pi_3 \Pi_4 / (\Pi_1 \Pi_2 \Pi_3 + \Pi_1 \Pi_2 \Pi_4 + \Pi_1 \Pi_3 \Pi_4 + \Pi_2 \Pi_3 \Pi_4) , \quad (1.23)$$

и т.д..

Технологическая скорость производства вторичного лесоматериала в цикле из двух машин равна

$$U_{22} = \varepsilon S_x^{-1} \Pi_1 \Pi_2 / (\Pi_1 + \Pi_2) , \quad (1.23,a)$$

из трех машин

$$U_{32} = \varepsilon S_x^{-1} \Pi_1 \Pi_2 \Pi_3 / (\Pi_1 \Pi_2 + \Pi_1 \Pi_3 + \Pi_2 \Pi_3) , \quad (1.23.б)$$

из четырех машин

$$U_{42} = \varepsilon S_x^{-1} \Pi_1 \Pi_2 \Pi_3 \Pi_4 / (\Pi_1 \Pi_2 \Pi_3 + \Pi_1 \Pi_2 \Pi_4 + \Pi_1 \Pi_3 \Pi_4 + \Pi_2 \Pi_3 \Pi_4) , \quad (1.23.в)$$

и т.д..

Технологические скорости циклов операций производства деловых лесоматериалов позволяют определить производительность комплексов, состоящих из двух, трех, четырех и т.д. лесных машин

$$\Pi_2 = U_2 S_x = \Pi_1 \Pi_2 / (\Pi_1 + \Pi_2) , \quad (1.24)$$

$$\Pi_3 = U_3 S_x = \Pi_1 \Pi_2 \Pi_3 / (\Pi_1 \Pi_2 + \Pi_1 \Pi_3 + \Pi_2 \Pi_3) , \quad (1.25)$$

$$\Pi_4 = U_4 S_x = \Pi_1 \Pi_2 \Pi_3 \Pi_4 / (\Pi_1 \Pi_2 \Pi_3 + \Pi_1 \Pi_2 \Pi_4 + \Pi_1 \Pi_3 \Pi_4 + \Pi_2 \Pi_3 \Pi_4) , \quad (1.26)$$

и т. д..

Технологические скорости циклов операций производства вторичных лесоматериалов позволяют определить производительность вторичного сырья комплексов, состоящих из двух, трех, четырех и т.д. лесных машин

$$П_{22} = \varepsilon U_{22} S_x = П_1 П_2 / (П_1 + П_2) , \quad (1.26.a)$$

$$П_{32} = \varepsilon U_{32} S_x = П_1 П_2 П_3 / (П_1 П_2 + П_1 П_3 + П_2 П_3) , \quad (1.26.б)$$

$$П_{42} = \varepsilon U_{42} S_x = П_1 П_2 П_3 П_4 / (П_1 П_2 П_3 + П_1 П_2 П_4 + П_1 П_3 П_4 + П_2 П_3 П_4) , \quad (1.26.c)$$

и т. д..

Комплекс машин, последовательно выполняющий технологические операции производства лесопродукции, с позиции системного анализа является единой динамической структурой, связанной единым временем производства .

1.2. Удельные технологическая скорость и энергоёмкость производства.

Комплекс машин, последовательно выполняющий технологические операции производства лесопродукции, с позиции системного анализа является единой динамической структурой, связанной единым временем производства .

Одними из основных критериев эффективности лесных машин являются удельная производительность и удельная энергоёмкость [2], определяемые соответственно формулами

$$п = П / N , \quad (1.27)$$

$$g = N / П , \quad (1.28)$$

где N – мощность, $П$ – часовая производительность.

Первая определяет производство объема древесины в результате затраты единицы энергии, а вторая характеризует затраты энергии на единицу объема лесопродукции.

При аддитивном подходе (анализ) к системе удельная энергоёмкость машин, механизмов и оборудования лесозаготовительного производства определяется как простая сумма энергоёмкостей всех выполняемых ими операций

$$g_a = \sum g_j , \quad j = 1, 2, 3, \dots, n , \quad (1.28.a)$$

здесь n – число операций, выполняемых лесной техникой в процессе производства, в качестве примера :

- валочно-пакетирующие машины: срезание деревьев,

пакетирование, движение машины в процессе , холостые движения, движение рабочих органов;
 - трелевочные трактора: транспортная работа, погрузка пачек, разгрузка пачек;
 - челюстные погрузчики: технологическая работа, движение машины в процессе работы, холостые движения;
 и т. д. .

Удельная энергоёмкость системы машин, определяемая по критериям динамической связанности, не равна удельной энергоёмкости комплекса машин, вычисляемой простым суммированием удельных энергоёмкостей, выполняемых операций

$$g \neq g_f .$$

Данным критериям эффективности производства можно поставить в соответствие удельную технологическую скорость производства

$$u = U / N , \quad (1.29)$$

и удельную энергоёмкость технологической скорости производства

$$q = N / U. \quad (1.30)$$

Согласно исследованиям, выполненным в [], эффективную мощность комплекса машин последовательного производства необходимо определять формулой

$$N_n = n / \sum 1 / N_i . \quad (1.31)$$

Согласно формулы (1.31) для системы, состоящей из двух машин. эффективная мощность равна

$$N_2 = 2 N_1 N_2 / (N_1 + N_2) ,$$

из трех машин

$$N_3 = 3 N_1 N_2 N_3 / (N_1 N_2 + N_1 N_3 + N_2 N_3) ,$$

из четырех машин

$$N_4 = 4 N_1 N_2 N_3 N_4 / (N_1 N_2 N_3 + N_1 N_2 N_4 + N_1 N_3 N_4 + N_2 N_3 N_4) ,$$

и т.д. .

Удельная технологическая скорость системы машин, последовательно выполняющих операции лесозаготовки, определяется формулой

$$u_n = U_n / N_n , \quad (1.32)$$

Для комплексов, состоящих из двух, трех, четырех и т.д. маши удельные технологические скорости согласно выполненным исследованиям соответственно равны

$$u_2 = [S^{-1}_x \Pi_1 \Pi_2 / (\Pi_1 + \Pi_2)] / [N_1 N_2 / (N_1 + N_2)] , \quad (1.33)$$

$$u_3 = [S^{-1}_x \Pi_1 \Pi_2 \Pi_3 / (\Pi_1 \Pi_2 + \Pi_1 \Pi_3 + \Pi_2 \Pi_3)] / [N_1 N_2 N_3 / (N_1 N_2 + N_1 N_3 + N_2 N_3)] , \quad (1.34)$$

$$u_4 = [S^{-1}_x \Pi_1 \Pi_2 \Pi_3 \Pi_4 / (\Pi_1 \Pi_2 \Pi_3 + \Pi_1 \Pi_2 \Pi_4 + \Pi_1 \Pi_3 \Pi_4 + \Pi_2 \Pi_3 \Pi_4)] / [N_1 N_2 N_3 N_4 / (N_1 N_2 N_3 + N_1 N_2 N_4 + N_1 N_3 N_4 + N_2 N_3 N_4)] . \quad (1.35)$$

Удельная энергоёмкость мультипликативно двойственна удельной технологической скорости

$$g_n = N_n / U_n , \quad (1.36)$$

Следующими важными информативными критериями эффективности лесной технологии являются: удельный путь производства лесопroduкции

$$u_w = L / N_m , [\text{км/кВт}] , \quad (1.36.a)$$

удельная энергоёмкость пути технологического производства

$$g_u = N_m / L , [\text{кВт / км}] , \quad (1.36.b)$$

первый характеризует технологическое расстояние производства на единицу мощности, а второй определяет мощность на единицу технологического пути.

1.3. Стохастичность производства на технологическом пути.

Процесс производства хлыстов (сортиментов) на лесосеке в своей основе носит стохастический характер, поэтому среднее время производства машины следует определять с учетом статистических отклонений от среднего значения

$$t = t_c + t^* , \quad (1.37)$$

и после стохастического осреднения

$$t = t_c (1 + t_{s^*}^2 / t_c^2)^{1/2},$$

или

$$t \approx t_c (1 + 1/2 t_{s^*}^2 / t_c^2) = t_c + t_s, \quad (1.38)$$

где t_c – среднее время, t_{s^*} – среднее квадратическое отклонение, t_s – увеличение времени в результате статистических флуктуаций производственного процесса.

Для системы машин, последовательно выполняющих операции в стохастическом режиме, можно записать среднее время в виде

$$t_{*n} = n^{-1} \sum (t_{ci} + t_{si}), \quad (1.39)$$

или

$$t_{*n} = n^{-1} \sum t_{ci} (1 + \sum t_{si} / \sum t_{ci}), \quad (1.40)$$

и

$$[(1 + \sum t_{si} / \sum t_{ci})]^{-1} \approx 1 - \sum t_{si} / \sum t_{ci}. \quad (1.41)$$

С учетом полученных формул (1.39) – (1.41) производительности комплексов машин в стохастических условиях производства деловой древесины соответственно примут вид:

для двух машин

$$\Pi_2 = 2 (1 - \sum t_{si} / \sum t_{ci}) \Pi_1 \Pi_2 / (\Pi_1 + \Pi_2), \quad (1.42)$$

для трех машин

$$\Pi_3 = 3 (1 - \sum t_{si} / \sum t_{ci}) \Pi_1 \Pi_2 \Pi_3 / (\Pi_1 \Pi_2 + \Pi_1 \Pi_3 + \Pi_2 \Pi_3), \quad (1.43)$$

для четырех машин

$$\Pi_4 = 4 (1 - \sum t_{si} / \sum t_{ci}) \Pi_1 \Pi_2 \Pi_3 \Pi_4 / (\Pi_1 \Pi_2 \Pi_3 + \Pi_1 \Pi_2 \Pi_4 + \Pi_1 \Pi_3 \Pi_4 + \Pi_2 \Pi_3 \Pi_4), \quad (1.44)$$

И т.д..

Производительности комплексов машин в стохастических условиях производства вторичной древесины соответственно примут вид

$$\Pi_2 = 2\varepsilon (1 - \sum t_{si} / \sum t_{ci}) \Pi_1 \Pi_2 / (\Pi_1 + \Pi_2), \quad (1.45)$$

$$\Pi_3 = 3\varepsilon (1 - \sum t_{si} / \sum t_{ci}) \Pi_1 \Pi_2 \Pi_3 / (\Pi_1 \Pi_2 + \Pi_1 \Pi_3 + \Pi_2 \Pi_3), \quad (1.46)$$

$$\Pi_4 = 4\varepsilon (1 - \sum t_{si} / \sum t_{ci}) \Pi_1 \Pi_2 \Pi_3 \Pi_4 / (\Pi_1 \Pi_2 \Pi_3 + \Pi_1 \Pi_2 \Pi_4 + \Pi_1 \Pi_3 \Pi_4 + \Pi_2 \Pi_3 \Pi_4). \quad (1.47)$$

И т.д..

Полученные выражения позволяют определять негативное влияния флуктуаций времени последовательного выполнения операций технологического процесса производства на производительность системы лесных машин и указывают на важность максимальной синхронизации процесса в целом.

1.4. Закономерности геометрической структуры деревьев в естественных древостоях

Исследованиями [3] установлено, что связь между комлевым диаметром и длиной хлыста может быть представлена в виде корреляционного уравнения второй степени

$$L_x = a + b d_k - c d_k^2, \quad (1.48)$$

где a , b , c – численные значения, характеризующие различные породы древесины.

Объем хлыста определяется по формуле

$$V_x = \frac{1}{4} \pi d_c^2 L_x, \quad (1.49)$$

Где d_c – осредненный по объему хлыста диаметр.

Исследованиями [4] показана связь между комлевым диаметром и средним диаметром хлыста в виде равенства

$$d_k = 2 d_c. \quad (1.50)$$

Поэтому с рассматриваемых позиций необходимо построить зависимость квадрата комлевого диаметра от длины хлыста для основных пород древесины: ели, сосны, березы и осины.

Связь между квадратом комлевого диаметра и длиной хлыста для ели можно представить в виде линейного корреляционного уравнения

$$d_k^2 = - 0,043 + 0,006 L_x, \quad L_x \leq 10 \text{ м}, \quad (1.51)$$

и соответственно для квадрата среднего диаметра

$$d_c^2 = \frac{1}{2} (- 0,043 + 0,006 L_x), \quad L_x \leq 10 \text{ м}, \quad (1.52)$$

Связь между квадратом комлевого диаметра и длиной хлыста для сосны можно представить в виде линейного корреляционного уравнения

$$d_k^2 = - 0,044 + 0,006 L_x \quad , \quad L_x \leq 10 \text{ м.} \quad (1.53)$$

и соответственно для квадрата среднего диаметра

$$d_c^2 = 1/2 \quad (- 0,044 + 0,006 L_x) \quad , \quad L_x \leq 10 \text{ м.} \quad (1.54)$$

Связь между квадратом комлевого диаметра и длиной хлыста для березы можно представить в виде линейного корреляционного уравнения

$$d_k^2 = - 0,045 + 0,006 L_x \quad , \quad L_x \leq 10 \text{ м.} \quad (1.55)$$

и соответственно для квадрата среднего диаметра

$$d_c^2 = 1/2 \quad (- 0,045 + 0,006 L_x) \quad , \quad L_x \leq 10 \text{ м.} \quad (1.56)$$

Связь между квадратом комлевого диаметра и длиной хлыста для осины можно представить в виде линейного корреляционного уравнения

$$d_k^2 = - 0,045 + 0,006 L_x \quad , \quad L_x \leq 10 \text{ м,} \quad (1.57)$$

и соответственно для квадрата среднего диаметра

$$d_c^2 = 1/2 \quad (- 0,045 + 0,006 L_x) \quad , \quad L_x \leq 10 \text{ м.} \quad (1.58)$$

Для представленных пород древесины связь между квадратом комлевого диаметра и длиной хлыста имеет вид линейного уравнения

$$d_k^2 = - d + e L_x \quad , \quad (1.59)$$

и соответственно для квадрата среднего диаметра

$$d_c^2 = 1/2 \quad (- d + e L_x) \quad , \quad (1.60)$$

где d , e – численные значения, характеризующие представленные породы древесины.

Связь между средним объемом хлыста и его длиной можно записать в виде уравнения

$$V_x = 1/8 \pi \quad (- d + e L_x) L_x \quad , \quad (1.61)$$

решение которого определяет обратную связь между длиной хлыста и его объемом

$$L_x = d/2e + (d^2/2^2 e^2 + 8V_x / \pi e)^{1/2}. \quad (1.62)$$

На основании полученного представления объема хлыста через его длину исходную производительность технологических операций можно записать в виде

$$\Pi_x = [1/8 \pi (-d + e L_x) L_x] / t_x. \quad (1.63)$$

и соответственно для вторичного сырья

$$\Pi_{хв} = \varepsilon [1/8 \pi (-d + e L_x) L_x] / t_x. \quad (1.64)$$

При введении технологической скорости производства на каждой операции среднее сечение хлыста становится инвариантом всего технологического пути лесозаготовительного производства, в то время как технологические скорости выполняемых операций в общем случае является переменными.

Данный кинематический подход обобщенного представления технологического процесса лесозаготовительного производства системой машин, механизмов и оборудования, ассоциируясь с гидравлическим, позволяет сформулировать оптимальные условия синхронизации технологических скоростей производства последовательно выполняемых операций и их моделирования для получения высокой производительности лесозаготовительных технологий.

1.5. Режимы энергосберегающего движения лесных машин.

Важным условием эффективности производства является соблюдение энергосберегающих режимов перемещения на лесосеке. Решение этой задачи можно получить с позиции прямого метода вариационного исчисления, применяемого в механике [5].

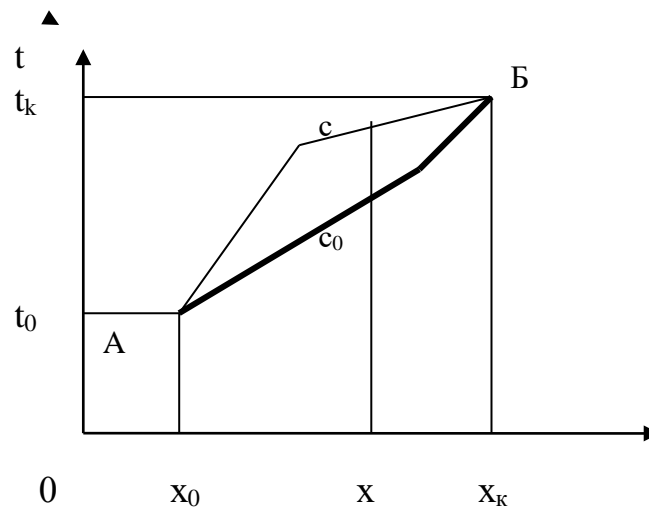
Работа по перемещению в общем случае определяется интегральным функционалом, характеризующим энергию, которая затрачивается при перемещении механизма, машины и оборудования при выполнении технологической операции

$$A = \int N dt, \quad (1.65)$$

здесь $N(t, x, v)$ – мощность двигателя, которая в общем случае зависит от скорости перемещения $v = dx/dt$ и пути x .

Минимальному значению интегрального функционала энергии должно соответствовать условие минимума подинтегральной функции (мощности)

при перемещении от начальной пространственно-временной точки пути рис.2.5) от начальной t_0, x_0) до конечной $B(t_k, k)$.



1.1. Вариационный принцип экстремума интегрального функционала.

В рассматриваемых условиях согласно вариационного принципа экстремальному значению интегрального функционала выполняемой работы будет соответствовать подинтегральная функция, являющаяся решением уравнения Эйлера-Лагранжа, как необходимого условия экстремума [5],

$$d(\partial N_m / \partial v) / dt - \partial N_m / \partial x = 0. \quad (1.66)$$

мощность представляется формулой

$$N_m = F v, \quad (1.67)$$

где F – сила.

Для рассматриваемой динамики движения решение уравнения (1.66) имеет вид

$$dF / dt = 0,$$

получаем условие энергосберегающего перемещения лесоматериалов машинами при выполнении технологических операций на лесосеке

$$F = covst, \quad (1.68)$$

это означает, что энергосберегающими режимами на технологических путях производства лесопроизводства являются только два режима: движение с постоянной скоростью

$$F = 0, \quad v = \text{const},$$

и с постоянным ускорением

$$dv/dt = \text{const},$$

которые позволяют решить задачу построения кратчайшего пути производства лесоматериалов в лесу.

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 интегрального функционала

$$T = \int [1 + (dy/dx)^2]^{1/2} v^{-1} dx, \quad (1.69)$$

Минимальному значению интегрального функционала времени движения по траектории при постоянной скорости соответствует условие минимума подинтегральной функции

$$d[1 + (dy/dx)^2]^{1/2} / dx = 0,$$

из которого следует движение по прямой

$$dy / dx = \text{const}.$$

При движении с постоянным ускорением вдоль координаты y скорость равна

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

и интегральный функционал (1.69) принимает вид

$$T = \int [1 + (dy/dx)^2]^{1/2} (2ay)^{-1/2} dx. \quad (1.70)$$

Если в (1.70) ускорение a заменить ускорением силы тяжести g , то приходим к известной задаче нахождения траектории быстрейшего спуска в гравитационном поле, такой траекторией является брахистохрона.

Таким образом, при движении с постоянным ускорением траекторией движения является брахистохрона, в которой ускорение свободного падения заменено постоянным ускорением движения.

1.6. Оптимальные технологические пути перемещения лесоматериалов.

Кратчайшее время и технологический путь производства и перемещения лесоматериалов на лесосеке являются необходимым условием эффективности технологического процесса лесозаготовки системами машин, механизмов и оборудования.

Поставленную задачу оптимизации решим прямым методом вариационного исчисления.

1.6.1. Кратчайший путь перемещения лесоматериалов.

В прямоугольной системе координат (x, y) элементарный путь равен

$$ds = [1 + (dy / dx)^2]^{1/2} dx , \quad (1.71)$$

весь путь перемещения равен интегральному функционалу

$$S = \int [1 + (dy / dx)^2]^{1/2} dx , \quad (1.72)$$

минимальному значению которого соответствует минимум подинтегральной функции, определяемый необходимым условием

$$d [1 + (dy / dx)^2]^{1/2} / dx = 0 , \quad (1.73)$$

из которого следует

$$dy / dx) (d^2y/dx^2) = 0 , \quad (1.74)$$

при

$$dy / dx \neq 0 ,$$

получаем

$$d^2y / dx^2 = 0 ,$$

из которого следует

$$dy / dx = \text{const} , \quad (1.75)$$

это означает, что путь передвижения лесоматериалов на лесосеке должен быть прямолинейным.

1.6..2. Кратчайшее время передвижения.

Элементарное время перемещения на элементарном пути равно

$$dt = ds / v = [1 + (dy / dx)^2]^{1/2} dx / v , \quad (1.76)$$

где v – скорость.

Время перемещения лесоматериалов по технологическому пути в направлении координаты x определяется значением интегрального функционала

$$T_x = \int [1 + (dy / dx)^2]^{1/2} dt , \quad (1.77)$$

минимальному значению соответствует минимум подинтегральной функции, определяемый необходимым условием

$$d [1 + (dy / dx)^2]^{1/2} / dt = 0 , \quad (1.78)$$

из которого следует

$$d / dt (dy/dx) = d / dx (dy/dt) = 0 , \quad (1.79)$$

и условие постоянства скорости движения по технологическому пути вдоль координаты y

$$dy / dt = v_y = \text{const} . \quad (1.80)$$

Аналогичные вычисления можно выполнить для движения вдоль координаты y :

элементарное время равно

$$dt = ds / v = [1 + (dx / dy)^2]^{1/2} dy / v , \quad (1.81)$$

общее время

$$T_y = \int [1 + (dx / dy)^2]^{1/2} dt , \quad (1.82)$$

необходимое условие минимума функционала

$$d [1 + (dx / dy)^2]^{1/2} / dt = 0 , \quad (1.83)$$

из которого следует

$$d / dt (dx/dy) = d / dy (dx/dt) = 0 , \quad (1.84)$$

и условие постоянства скорости движения по технологическому пути вдоль координаты x

$$dx / dt = v_x = \text{const} . \quad (1.85)$$

Таким образом, необходимым условием достижения кратчайшего времени передвижения лесоматериалов по технологическому пути на лесосеке является условие постоянства скорости перемещения.

1.6..3. Оптимизация технологического пути в системе волок – магистральный волок

На рисунке 1.2. показана кратчайшая траектория движения лесной машины в системе пасечный волок - магистральный волок на пасеке из условия минимизации интегрального функционала суммарного времени движения в рассматриваемой системе

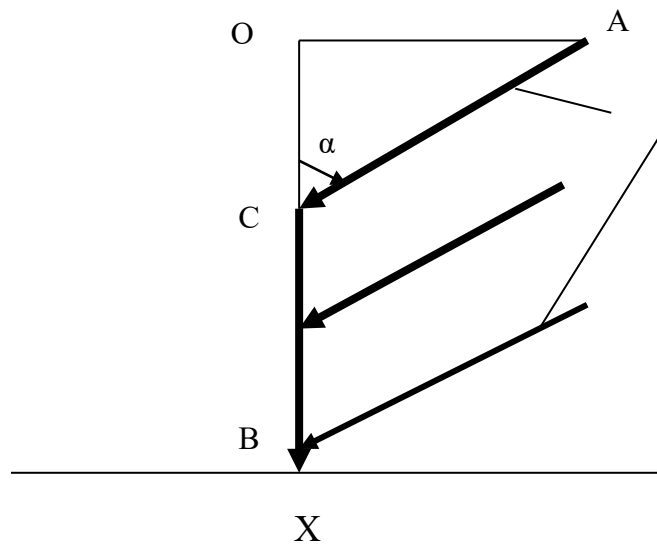


Рис. 1.2. Схема кратчайшего пути перемещения в системе пасечные волока – магистральный волок (ус).
(1 – пасечные волока, OB – магистральный волок, B – место погрузки, расстояния: AO = l , OB = L).

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 времени движения с разными скоростями по волоку и магистральному волоку

$$T = (l^2 + x^2)^{1/2} v_B^{-1} + (L - x) V_{MB}^{-1} , \quad (.86)$$

здесь OC = x .

Кратчайший путь определяется условием минимума времени

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

выполнив дифференцирование, получаем уравнение

$$x [v(l^2 + x^2)^{1/2}]^{-1} - V^{-1} = 0, \quad (1.87)$$

из которого следует формула

$$x/l = \beta (1 - \beta^2)^{-1/2}, \quad (1.88)$$

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

Согласно рисунку угол входа пасечного волокна в магистральны волок равен

$$\alpha = \text{arc ctg} (l/x), \quad (1.89)$$

где

$$l/x = \beta^{-1} (1 - \beta^2)^{1/2}. \quad (1.90)$$

Важным результатом выполненного аналитического исследования является то, что угол входа с одного волокна на другой зависит только от отношения скоростей движения по соответствующим волокнам: чем выше скорость по магистральному волоку по сравнению с волоком, тем больше угол входа волокна в магистральны волок.

Формулы (1.89) и (1.90) позволяют рассчитать угол входа пасечных волоков в магистральны волок (например при $\beta = 1/2$, угол $\alpha = 60^\circ$), который обеспечивает кратчайшее время и путь перемещения лесоматериалов и, как следствие, более высокую производительность технологического пути.

Рассмотрим кинематические режимы оптимального движения в системе волок-магистральны волок: движение по волоку происходит с постоянной скоростью, а по магистральному волоку при постоянном ускорении. В этом случае время передвижения в данной системе равно

$$T = (x^2 + l^2)^{1/2} / v_B + (L - x) / (v_B + at), \quad (1.91)$$

здесь t – время движения по магистральному волоку, скорость u места погрузки на магистральном волоке

$$v_B = v_B + at. \quad (1.91.a)$$

Выполнив вычисления, аналогичные выше приведенным, получаем формулу

$$x^2 / l^2 = v_B^2 / [(v_B + at)^2 - v_B^2], \quad (1.92)$$

или

$$x / l = v_B / [(v_B + at)^2 - v_B^2]^{1/2}. \quad (1.93)$$

Путь по магистральному волоку равен

$$\begin{aligned} S &= (v + at) t + \frac{1}{2} at^2 = v_B + \frac{1}{2} at^2 = \\ &= v_B (v_B - v_B) / a - \frac{1}{2} (v_B - v_B)^2 / a, \end{aligned} \quad (1.94)$$

тогда связь ускорения с путем движения по магистральному волоку определяется формулой

$$a = \frac{1}{2} (v_B^2 - v^2) / S. \quad (1.95)$$

1.7. Системно-динамическая взаимосвязанность сложных производственных процессов

Одной из основных концепций современного научного исследования сложных производственных комплексов в рыночных условиях развития экономики является их формулирование в информационном представлении достаточно адекватными математическими моделями динамическими системно-самоорганизующимися и стохастическими многофакторными пространственно-временными структурами.

Построенный системно-динамический принцип связанности комплексов машин, механизмов и оборудования в технологиях лесозаготовительного производства в системе «техника-лес» позволяет сделать его обобщение на другие сложные производственные процессы, в которых происходит выполнение последовательных технологических операций: поточное штучное производство, изготовление водопроводных и газопроводных стальных труб, разгрузки-погрузки судов в морском порту, трубопроводный газо-жидкостной транспорт и др..

Народное хозяйство страны должно представлять собой гармоническими, связанными, сложными системами крупных производственных, энергетических, лесопромышленных, сельскохозяйственных, гидротехнических и многих других комплексов, адекватное математическое моделирование которых является необходимым условием их надежного функционирования.

Каждому комплексу сформулирована целевая функция и задача оптимизации (максимизации или минимизации) в рыночных условиях развития сводится к быстрейшему производству продукции (минимум времени производства) и кратчайшему перемещению, соответствующих максимальной производительности при энергосберегающих режимах работы техники в технологиях.

Как правило, производственная деятельность крупных комплексов может быть представлена многоступенчатыми (дискретными) управляемыми производственными процессами, в которых последовательно выполняются необходимые операции. Сами процессы могут быть детерминированными, стохастическими и статистически детерминированными.

Известные математические методы оптимизации многоступенчатых производственных процессов: классический метод дифференциального исчисления, метод множителей Лагранжа, вариационное исчисление, линейное и нелинейное программирование, динамическое программирование, принцип максимума, - следует дополнить системно-динамическим принципом стохастической максимальной самосинхронизацией.

Системно-динамический принцип предполагает представление многоступенчатого управляемого процесса как композицию взаимосвязанных во времени и взаимозависимых производственных операций, образующих единую пространственно-временную технологическую структуру, оптимально выполняющую свою целевую функцию.

Системно-динамический принцип организации работы сложного комплекса позволяет решить задачу оптимизации производственных процессов в целом на основе построения своего рода геодезической в многофакторном информационно-физическом пространстве-времени

$$\delta(\int ds) = 0 .$$

Многоступенчатый управляемый процесс можно представить композицией четырех основных типов ступеней: связующей, разделительной, смесительной и сложной [6].

Процесс производства для простой связующей ступени можно представить кибернетической схемой рисунка 1. 3.

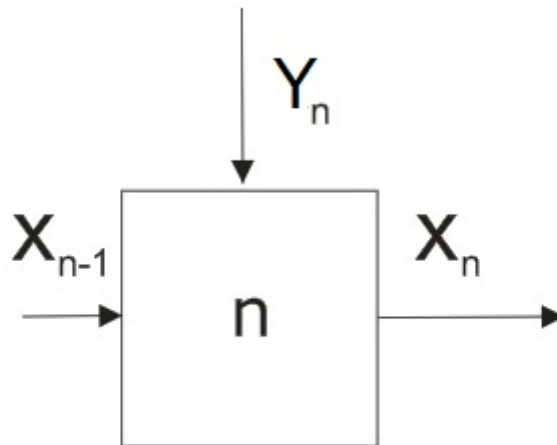


Рис.1.3. Схема связующей ступени (X_{n-1} - продукт производства предыдущей ступени, X_n - продукт производства ступени, Y_n - управление в ступени).

Простой многоступенчатый процесс представлен рисунком 1. 4.

Оптимизация процесса производства возможна, если многоступенчатый управляемый процесс становится динамической системно-самоорганизующейся структурой, в которой все ступени взаимосвязаны и взаимозависимы на основании принципа быстрогодействия выполняемых операций в энергосберегающих режимах, который приводит к максимальной производительности.

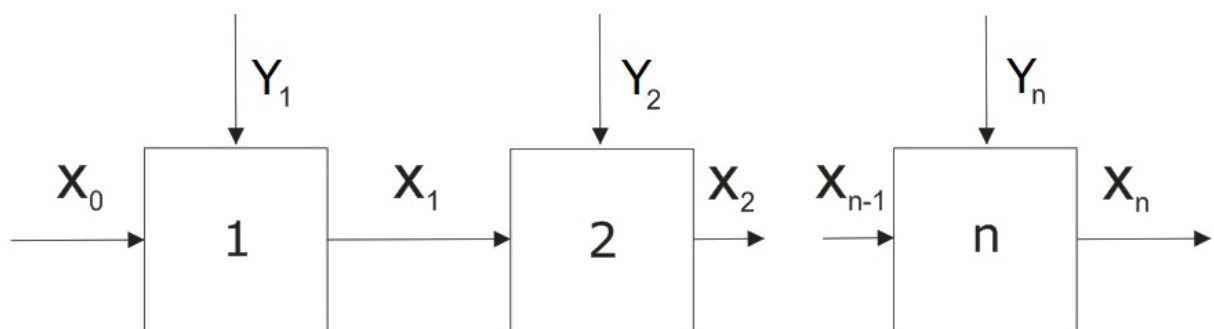


Рис.1. 4. Простой многоступенчатый процесс.

При решении задачи оптимизации многоступенчатого процесса необходимо выбирать наиболее эффективные критерии динамической аддитивной связанности его пространственно-временной структуры в целом.

Динамическими критериями эффективности ступени является время производства единицы продукции и время прохождения единицы перемещения.

Время производства единицы продукции равно

$$t_i = 1 / P_i, \quad i = 1, 2, 3, \dots, n,$$

где P_i - производительность i -ой ступени.

Для непрерывного синхронизированного многоступенчатого процесса, когда отсутствует время перехода от одной ступени к другой, время производства единицы продукции в последовательно выполняемых операциях равно

$$T_n = n^{-1} \sum_{i=1}^n t_i, \quad i = 1, 2, 3, \dots, n,$$

и производительность системы равна

$$P_n = 1 / T_n = n / \sum_{i=1}^n t_i, \quad i = 1, 2, 3, \dots, n.$$

При наличии времени перехода операций между ступенями время производства единицы продукции в многоступенчатом процессе равно

$$T_n^* = n^{-1} \left(\sum_{i=1}^n t_i + \sum_{j=1}^{n-1} \tau_j \right), \quad i = 1, 2, 3, \dots, n; \quad j = 1, 2, 3, \dots, n-1.$$

и производительность многоступенчатого процесса равна

$$P_n^* = 1 / T_n^* = n / \left(\sum_{i=1}^n t_i + \sum_{j=1}^{n-1} \tau_j \right), \quad i = 1, 2, 3, \dots, n; \quad j = 1, 2, 3, \dots, n-1,$$

Здесь τ – время задержки единицы продукции при переходе между ступенями.

Видно, что задержка процесса производства между ступенями и складирование продукции приводит к снижению производительности многоступенчатого процесса.

Другим негативным фактором, снижающим производительность многоступенчатого процесса, является десинхронизация производительности ступеней и, как следствие, увеличение времени производства единицы продукции в ступенях многоступенчатого процесса.

В этом случае процесс производства продукции становится стохастическим и время производства единицы продукции многоступенчатым процессом должно определяться не только средним временем, но и с учетом дисперсии времени производства единицы продукции ступенями в многоступенчатом процессе

$$T_{n*d} = T_{n*} + t_{\sigma} ,$$

Где

$$t_{\sigma} = [\sum(t_i - T_n)^2 / (n - 1)]^{1/2} ,$$

и производительность равна

$$P_{n*d} = 1 / T_{n*d} .$$

Поэтому производительность десинхронизированного многоступенчатого процесса ниже производительности синхронизированного.

Это означает, что динамическая композиция ступеней должна быть организована таким образом, чтобы производительность продукции ступеней как можно меньше отличались друг от друга.

Скорости выполнения технологической операции

$$U_i = L_i / T_i , \quad i= 1, 2, 3, \dots,$$

следует поставить в соответствие время прохождения единицы пути

$$t_i = 1 / U_i ,$$

тогда технологическая скорость многоступенчатого процесса равна

$$U = 1 / t ,$$

где

$$t = \sum t_i , \quad i= 1, 2, 3, \dots .$$

Таким образом, время производства единицы продукции и время перемещения на единицу пути являются одними из основных критериев, на основании которых становится возможным формировать эффективные сложные многоступенчатые процессы производства в различных сферах народного хозяйства.

2. ДИНАМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ЗАГОТОВКИ ХЛЫСТОВ

В динамических условиях развития лесной отрасли хлыстовая технология заготовки востребована в виду возможности комплексного использования древесины.

Рынок лесного машиностроения представлен достаточно широким спектром машин, механизмов и оборудования, позволяющих осуществлять соответствующий технологический процесс производства на лесосеке.

Комплексы машин, механизмов и оборудования заготовки хлыстов в лесу представляют собой целостностные пространственно-временные структуры, эффективность которых в значительной мере определяется их

системной самоорганизованностью, как коллективной взаимозависимостью при оптимизации целевой функции производства.

Одними из основных критериев эффективности системы являются эффективные технологическая скорость производства и удельная технологическая скорость, определяемая по значению эффективной мощности комплекса в целом процессе.

2.1. Производство комплексом: бензопила-трелевочный трактор- бензопила- челюстной лесопогрузчик.

В лесозаготовительном производстве бензопилы находят широкое применение, это обусловлено тем обстоятельством, что вальщик с бензопилой способен наносить минимальный вред лесной среде.

Технологические операции процесса заготовки хлыстов: валка деревьев – трелевка – обрезка сучьев на погрузочном пункте – погрузка на лесовозный автопоезд.

Представленные технологические операции выполняются комплексом: валка деревьев бензопилой Хускварна-262, трелевка деревьев трелевочным трактором с манипулятором ТБ-1М, обрезка сучьев на погрузочном пункте бензопилой Тайга-245, погрузка на лесовозный автопоезд челюстным погрузчиком ЛТ-65Б.

Технологическая скорость производства рассматриваемого комплекса равна

$$V_{T4} = 4S^{-1}_x \Pi_1\Pi_2\Pi_3\Pi_4 / (\Pi_1\Pi_2\Pi_3 + \Pi_1\Pi_2\Pi_4 + \Pi_1\Pi_3\Pi_4 + \Pi_2\Pi_3\Pi_4), \quad (2.1)$$

Или

$$V_{T4} = 4V^{-1}_x L \Pi_1\Pi_2\Pi_3\Pi_4 / (\Pi_1\Pi_2\Pi_3 + \Pi_1\Pi_2\Pi_4 + \Pi_1\Pi_3\Pi_4 + \Pi_2\Pi_3\Pi_4), \quad (2.1,a)$$

здесь производительность бензопилы

$$\Pi_1 = V_x / t_x, \quad (2.2)$$

и время производства

$$t_x = t_1 + t_2 + t_3, \quad (2.3)$$

здесь

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

$$\Pi_2 = V_x n / (S/v_0 + S/v_g + t_{np} + t_0), \quad (2.4)$$

Здесь

$V_x n = V_n$ – средний объем трелюемой пачки, m^3 ,

S – среднее расстояние трелевки, м,
 V_0 – средняя скорость движения без груза,
 V_g – средняя скорость движения с грузом,
 $t_{пр}$ – время на формирование пачки,,
 t_0 – время на освобождение от пачки.,
 n – число деревьев в пачке;
 производительность бензопилы при обрезке сучьев

$$\Pi_3 = V_x / t_x , \quad (2.5)$$

где время

$$t_x = t_1 + t_5 ,$$

здесь

t_1 – время перехода от одного дерева к другому,
 t_5 – время обрезания сучьев ;
 производительность челюстного погрузчика

$$\Pi_4 = V_n / (t_1 + t_2 + t_3) , \quad (2.6)$$

здесь грузоподъемность пачки деревьев

$$V_n = V_x n ,$$

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 воза после погрузки.

n – число хлыстов в пачке.

Технологическая скорость производства вторичного сырья рассматриваемым комплексом равна

$$V_{Т4} = 4\varepsilon S^{-1}_x \Pi_1 \Pi_2 \Pi_3 \Pi_4 / (\Pi_1 \Pi_2 \Pi_3 + \Pi_1 \Pi_2 \Pi_4 + \Pi_1 \Pi_3 \Pi_4 + \Pi_2 \Pi_3 \Pi_4) , \quad (2.6,a)$$

Или

$$V_{Т4} = 4\varepsilon V^{-1}_x L \Pi_1 \Pi_2 \Pi_3 \Pi_4 / (\Pi_1 \Pi_2 \Pi_3 + \Pi_1 \Pi_2 \Pi_4 + \Pi_1 \Pi_3 \Pi_4 + \Pi_2 \Pi_3 \Pi_4) ,$$

Технологическая мощность данного комплекса равна

$$N = 4 N_1 N_2 N_3 N_4 / (N_1 N_2 N_3 + N_1 N_2 N_4 + N_1 N_3 N_4 + N_2 N_3 N_4) = 5,5 \text{ кВт} , \quad (2.7)$$

Здесь

N_1 – мощность бензопилы Хускварна 262,

N_2 – мощность трелевочного трактора ТБ-1М,

N_3 – мощность мощность бензопилы Тайга -245,

N_4 – мощность челюстного погрузчика ЛТ-65Б.

В таблице 1 представлены результаты расчетов 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.

Таблица 1

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

$V_x, \text{ м}^3$	0,3	0,4	0,5	0,6	0,8
$V_T, \text{ км/час}$	0,60	0,61	0,62	0,60	0,62

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, - показан на рис.2.1.

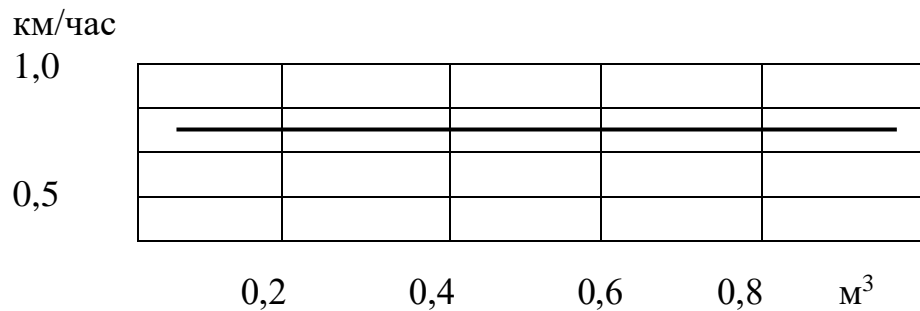


Рис.2.1. График зависимости технологической скорости производства хлыстов от объема для комплекса: бензопила Хускварна-262 – трелевочный трактор с манипулятором ТБ-1М – бензопила Тайга -245 – челюстной погрузчик ЛТ-65Б .

Удельная технологическая скорость равна

$$v_{T4} = V_{T4} / N ,$$

или

$$v_{T4} = [V_x^{-1} L \Pi_1 \Pi_2 \Pi_3 \Pi_4 / (\Pi_1 \Pi_2 \Pi_3 + \Pi_1 \Pi_2 \Pi_4 + \Pi_1 \Pi_3 \Pi_4 + \Pi_2 \Pi_3 \Pi_4)] \times$$

$$[N_1 N_2 N_3 N_4 / (N_1 N_2 N_3 + N_1 N_2 N_4 + N_1 N_3 N_4 + N_2 N_3 N_4)]^{-1} =$$

$$= [4V_x^{-1} L \Pi_1 \Pi_2 \Pi_3 \Pi_4 / (\Pi_1 \Pi_2 \Pi_3 + \Pi_1 \Pi_2 \Pi_4 + \Pi_1 \Pi_3 \Pi_4 + \Pi_2 \Pi_3 \Pi_4)] / 5,5 . \quad (2.8)$$

Удельная технологическая скорость производства вторичного сырья равна

$$v_{Т4В} = [V^{-1}_x L \Pi_1 \Pi_2 \Pi_3 \Pi_4 / (\Pi_1 \Pi_2 \Pi_3 + \Pi_1 \Pi_2 \Pi_4 + \Pi_1 \Pi_3 \Pi_4 + \Pi_2 \Pi_3 \Pi_4)] \times$$

$$[N_1 N_2 N_3 N_4 / (N_1 N_2 N_3 + N_1 N_2 N_4 + N_1 N_3 N_4 + N_2 N_3 N_4)]^{-1} =$$

$$= [4V^{-1}_x L \Pi_1 \Pi_2 \Pi_3 \Pi_4 / (\Pi_1 \Pi_2 \Pi_3 + \Pi_1 \Pi_2 \Pi_4 + \Pi_1 \Pi_3 \Pi_4 + \Pi_2 \Pi_3 \Pi_4)] / 5,5 .$$

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 , - показан на рис.2.2.

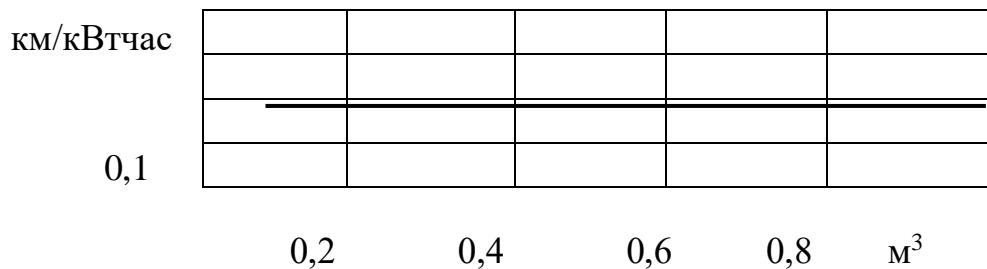


Рис.2.2. График зависимости удельной технологической скорости производства хлыстов от объема для комплекса: бензопила Хускварна-262 – трелевочный трактор с манипулятором ТБ-1М – 2 бензопилы Тайга -245 – челюстной погрузчик ЛТ-65Б .

На рис.2.3 показана технологическая скорость производства вторичного сырья рассматриваемым комплексом.

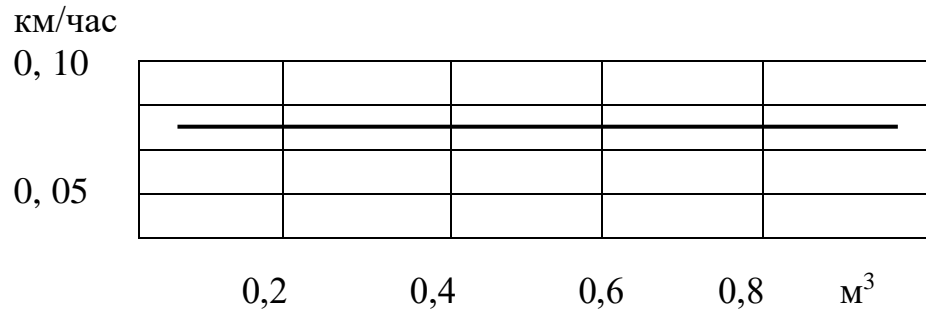


Рис.2.3. График зависимости технологической скорости производства вторичного сырья от объема для комплекса: бензопила Хускварна-262 – трелевочный трактор с манипулятором ТБ-1М – бензопила Тайга -245 – челюстной погрузчик ЛТ-65Б .

На рис. 2.4 показан график зависимости удельной технологической скорости производства вторичного сырья для данного комплекса.

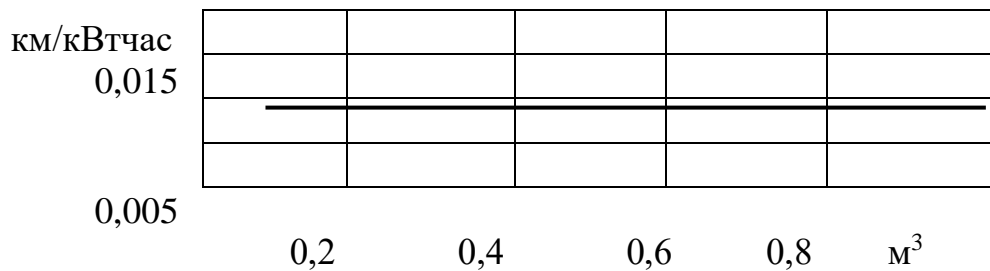


Рис.2.4. График зависимости удельной технологической скорости производства вторичного сырья от объема для комплекса: бензопила Хускварна-262 – трелевочный трактор с манипулятором ТБ-1М – 2 бензопилы Тайга -245 – челюстной погрузчик ЛТ-65Б .

На рис.2.5 показано представление стохастичности последовательно выполняемых операций процесса производства.

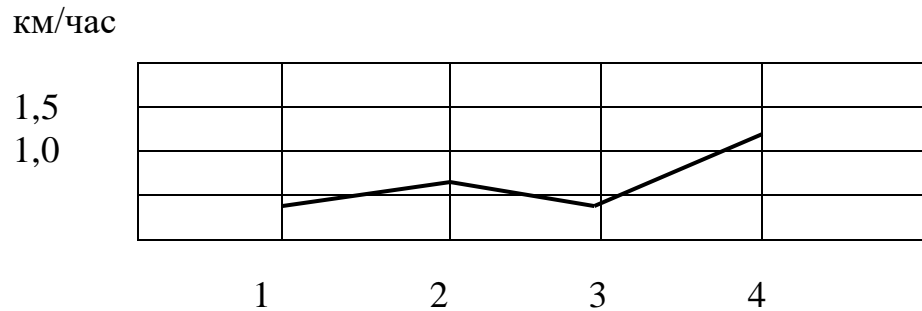


Рис.2.5. График зависимости технологической скорости производства хлыстов от последовательно выполняемых технологических операций для комплекса: бензопила Хускварна-262 – трелевочный трактор с манипулятором ТБ-1М – бензопила Тайга -245 – челюстной погрузчик ЛТ-65Б .

На основании графика рис.2.5 становится возможным сформировать комплекс с максимальной синхронизацией последователь выполняемых технологических операций.

2.2. Производство хлыстов комплексом: валочно-пакетирующая машина-гусеничный трактор с пачковым захватом-сучкорезная машина- челюстной лесопогрузчик.

Технологические операции: 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

$$V_{T4} = 4S^{-1}_x \Pi_1\Pi_2\Pi_3\Pi_4 / (\Pi_1\Pi_2\Pi_3 + \Pi_1\Pi_2\Pi_4 + \Pi_1\Pi_3\Pi_4 + \Pi_2\Pi_3\Pi_4), \quad (2.9)$$

Или

$$V_{T4} = 4V^{-1}_x L \Pi_1\Pi_2\Pi_3\Pi_4 / (\Pi_1\Pi_2\Pi_3 + \Pi_1\Pi_2\Pi_4 + \Pi_1\Pi_3\Pi_4 + \Pi_2\Pi_3\Pi_4), \quad (2.9.a)$$

здесь производительность валочно-пакетирующей машины

$$\Pi_1 = V_n / [10^4 V_v / Qbv + (t_1 + V_x / (\varphi \Pi_{\text{пл}} f(L-1,3) + t_2 + t_3) V_n / V_x + t_4] , \quad (2.10)$$

Здесь

V_n – средний объем формируемой пачки, м^3 ,
 Q – ликвидный запас древесины на 1 га, м^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 спилению дерева, с,
 $\Pi_{\text{пл}}$ – производительность чистого пиления срезающего устройства, $\text{м}^3/\text{с}$,
 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 равен

$$V_n = V_x n ,$$

здесь n – число хлыстов в пачке, V_x – средний объем хлыста;

производительность трелевочного трактора

$$\Pi_2 = V_x n / (S/v_0 + S/v_g + t_{\text{пр}} + t_0) , \quad (2.11)$$

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 сучкорезной машины

$$\Pi_3 = V_x / (t_1 + t_2 n + t_3 + t_4 n + t_5) , \quad (2.12)$$

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

$$П_4 = V_n / (t_1 + t_2 + t_3), \quad (2.13)$$

здесь грузоподъемность пачки деревьев

$$V_n = V_x n,$$

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 воза после погрузки.

n – число хлыстов в пачке.

Технологическая скорость производства вторичного сырья рассматриваемым комплексом машин равна

$$V_{Т4в} = 4\varepsilon S^{-1}_x П_1П_2П_3П_4 / (П_1П_2П_3 + П_1П_2П_4 + П_1П_3П_4 + П_2П_3П_4), \quad (2.13.a)$$

Или

$$V_{Т4} = 4\varepsilon V^{-1}_x L П_1П_2П_3П_4 / (П_1П_2П_3 + П_1П_2П_4 + П_1П_3П_4 + П_2П_3П_4),$$

Технологическая мощность данного комплекса равна

$$N = 4 N_1N_2N_3N_4 / (N_1N_2N_3 + N_1N_2N_4 + N_1N_3N_4 + N_2N_3N_4) = 88 \text{ кВт},$$

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.

В таблице 2 представлены результаты расчетов зависимости технологической скорости производства хлыстов от объема для комплекса машин: валочно-пакетирующая машина ЛП 19А, гусеничный трактор с пачковым захватом ЛтТ154А, сучкорезная машина ЛП-33А, челюстной лесопогрузчик ЛТ-65Б.

Таблица 2

Зависимость 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.

$V_x, \text{ м}^3$	0,3	0,4	0,5	0,6	0,8
$V_T, \text{ км/час}$	1,24	1,13	1,15	1,25	1,20

На рис.2.6 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 равна

$$v_{T4} = V_{T4} / N ,$$

или

$$v_{T4} = [V_x^{-1} L \Pi_1 \Pi_2 \Pi_3 \Pi_4 / (\Pi_1 \Pi_2 \Pi_3 + \Pi_1 \Pi_2 \Pi_4 + \Pi_1 \Pi_3 \Pi_4 + \Pi_2 \Pi_3 \Pi_4)] \times$$

$$[N_1 N_2 N_3 N_4 / (N_1 N_2 N_3 + N_1 N_2 N_4 + N_1 N_3 N_4 + N_2 N_3 N_4)]^{-1} =$$

$$= [4V_x^{-1} L \Pi_1 \Pi_2 \Pi_3 \Pi_4 / (\Pi_1 \Pi_2 \Pi_3 + \Pi_1 \Pi_2 \Pi_4 + \Pi_1 \Pi_3 \Pi_4 + \Pi_2 \Pi_3 \Pi_4)] / 88.$$

Удельная технологическая скорость производства вторичного сырья равна

$$v_{T4B} = \varepsilon [V_x^{-1} L \Pi_1 \Pi_2 \Pi_3 \Pi_4 / (\Pi_1 \Pi_2 \Pi_3 + \Pi_1 \Pi_2 \Pi_4 + \Pi_1 \Pi_3 \Pi_4 + \Pi_2 \Pi_3 \Pi_4)] \times$$

$$[N_1 N_2 N_3 N_4 / (N_1 N_2 N_3 + N_1 N_2 N_4 + N_1 N_3 N_4 + N_2 N_3 N_4)]^{-1} =$$

$$= [4\varepsilon V_x^{-1} L \Pi_1 \Pi_2 \Pi_3 \Pi_4 / (\Pi_1 \Pi_2 \Pi_3 + \Pi_1 \Pi_2 \Pi_4 + \Pi_1 \Pi_3 \Pi_4 + \Pi_2 \Pi_3 \Pi_4)] / 88.$$

На рис.2.7 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.

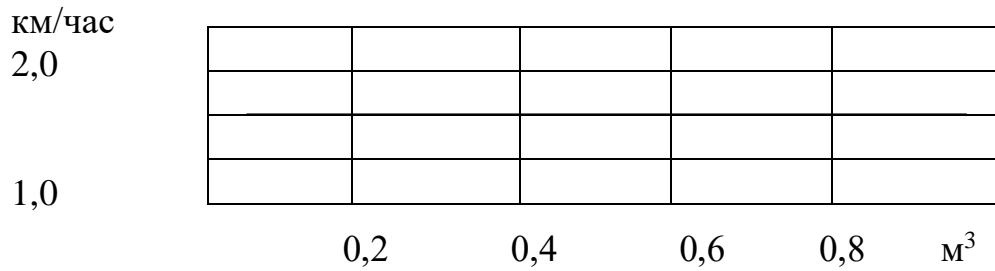


Рис.2.6 График зависимости технологической скорости производства хлыстов от объема для комплекса машин: валочно-пакетирующая машина ЛП 19А, гусеничный трактор с пачковым захватом ЛТ 154А, сучкорезная машина ЛП-33А, челюстной лесопогрузчик ЛТ-65Б.

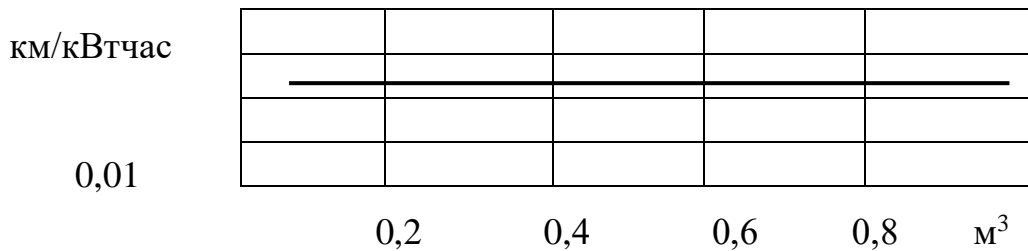


Рис.2.7 График зависимости удельной технологической скорости производства хлыстов от объема для комплекса машин: валочно-пакетирующая машина ЛП 19А, гусеничный трактор с пачковым захватом ЛТ 154А, сучкорезная машина ЛП-33А, челюстной лесопогрузчик ЛТ-65Б.

На рис.2.8 показан график зависимости технологической скорости производства вторичного сырья для представленного комплекса машин.

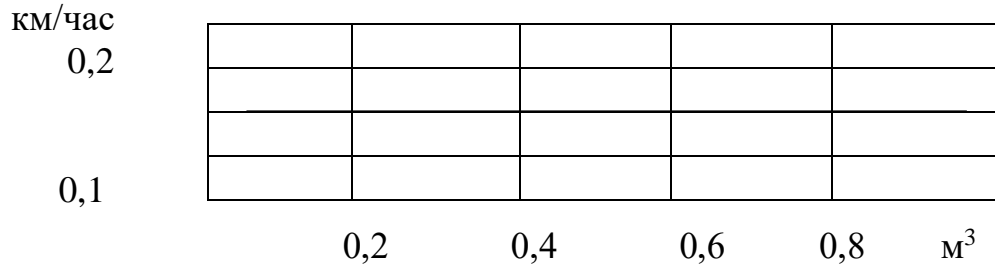


Рис.2.8 График зависимости технологической скорости производства вторичного сырья от объема для комплекса машин: валочно-пакетирующая машина ЛП 19А, гусеничный трактор с пачковым захватом ЛТ 154А, сучкорезная машина ЛП-33А, челюстной лесопогрузчик ЛТ-65Б.

На рис.2.9 показан график зависимости удельной технологической скорости производства вторичного сырья от объема хлыстов .

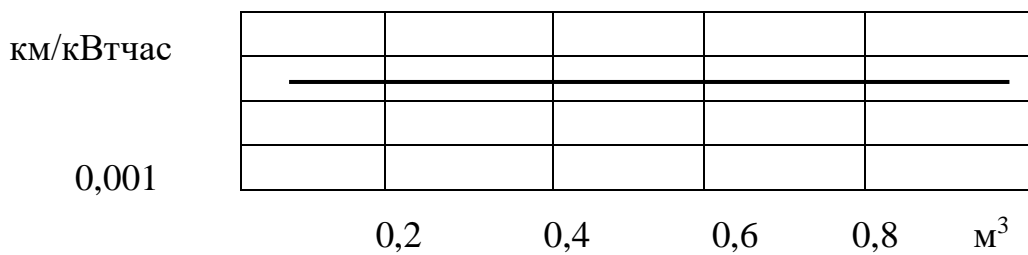


Рис.2.9 График зависимости удельной технологической скорости производства вторичного сырья от объема для комплекса машин: валочно-пакетирующая машина ЛП 19А, гусеничный трактор с пачковым захватом ЛТ 154А, сучкорезная машина ЛП-33А, челюстной лесопогрузчик ЛТ-65Б.

На рис.2.10 стохастичность последовательно выполняемых операций процесса производства выполняемых операций процесса производства.

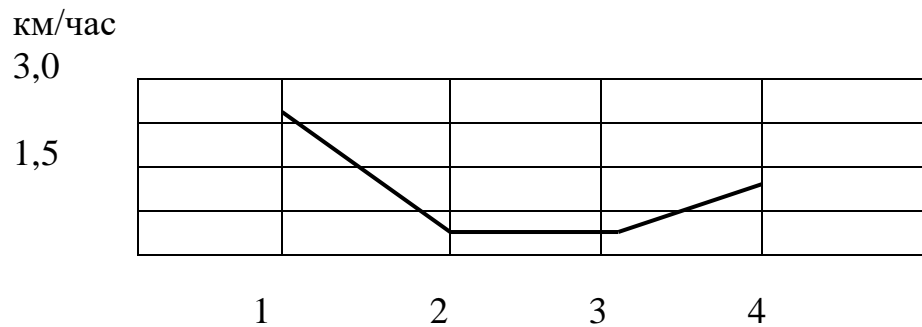


Рис.2.10 График стохастичности процесса производства для комплекса машин: валочно-пакетирующая машина ЛП 19А, гусеничный трактор с пачковым захватом ЛТ 154А, сучкорезная машина ЛП-33А, челюстной лесопогрузчик ЛТ-65Б.

График рис.2.10 позволяет сформировать систему машин с максимальной синхронизацией выполняемых технологических операций.

2.3.. Комплекс на базе бензиномоторных пил.

Технологические операции процесса заготовки хлыстов: валка деревьев, обрезка сучьев на пасеке, трелевка, погрузка на лесовозный автопоезд.

Представленные технологические операции выполняются комплексом: валка деревьев бензопилой Хускварна-262, обрезка сучьев на пасеке бензопилой Тайга-245, трелевка хлыстов трелевочным трактором с манипулятором ТБ-1М, погрузка на лесовозный автопоезд челюстным погрузчиком ЛТ-65Б.

Технологическая скорость производства рассматриваемого комплекса равна

$$V_{T4} = 4S^{-1}_x \Pi_1\Pi_2\Pi_3\Pi_4 / (\Pi_1\Pi_2\Pi_3 + \Pi_1\Pi_2\Pi_4 + \Pi_1\Pi_3\Pi_4 + \Pi_2\Pi_3\Pi_4), \quad (2.14)$$

Или

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

Производительность бензопилы

$$\Pi_1 = V_x / t_x ,$$

и время производства

$$t_x = t_1 + t_2 + t_3 ,$$

здесь

t_1 – время на подпил, спиливание и стлкивания дерева,

t_2 - время на переход к следующему дереву,

t_3 - время на подготовку рабочего места;

производительность трелевочного трактора

$$\Pi_3 = V_x n / (S/v_0 + S/v_g + t_{np} + t_0) ,$$

Здесь

$V_x n = V_n$ – средний объем трелюемой пачки, м³,

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,.

n – число деревьев в пачке;

производительность бензопилы при обрезке сучьев

$$\Pi_2 = V_x / t_x ,$$

где время

$$t_x = t_1 + t_5 ,$$

здесь

t_1 – время перехода от одного дерева к другому,

t_5 – время обрезания сучьев ;

производительность челюстного погрузчика

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

здесь грузоподъемность пачки деревьев

$$V_n = V_x n ,$$

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 воза после погрузки.

n – число хлыстов в пачке.

Технологическая мощность представленной системы

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

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.

В таблице 3 представлены результаты расчетов зависимости технологической скорости производства хлыстов от объема для комплекса: бензопила Хускварна - 262 – бензопила Тайга -245 - трелевочный трактор с манипулятором ТБ-1М – челюстной погрузчик ЛТ-65Б.

Таблица 3

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

$V_x, \text{ м}^3$	0,3	0,4	0,5	0,6	0,8
$V_T, \text{ км/час}$	0,59	0,56	0,57	0,60	0,56

График зависимости технологической скорости производства хлыстов от объема для комплекса: бензопила Хускварна-262 – бензопила Тайга-245-трелевочный трактор с манипулятором ТБ-1М – челюстной погрузчик ЛТ-65Б, - показан на рис.2.11.

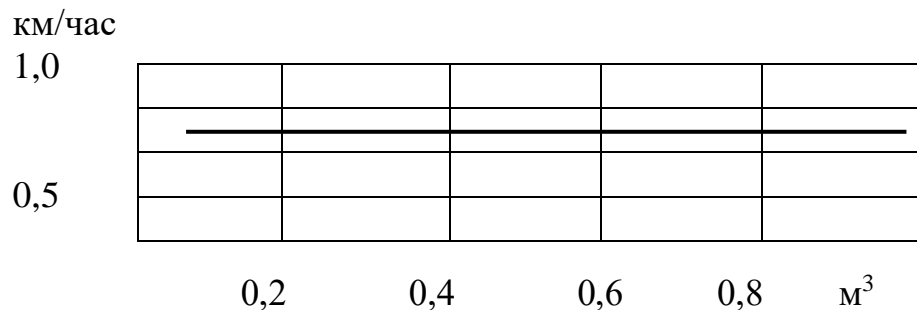


Рис.2.11. График зависимости технологической скорости производства хлыстов от объема для комплекса: бензопила Хускварна-262 – бензопила

Тайга-245 - трелевочный трактор с манипулятором ТБ-1М – челюстной погрузчик ЛТ-65Б .

Удельная технологическая скорость равна

$$v_{T4} = [V^{-1}_x L \Pi_1 \Pi_2 \Pi_3 \Pi_4 / (\Pi_1 \Pi_2 \Pi_3 + \Pi_1 \Pi_2 \Pi_4 + \Pi_1 \Pi_3 \Pi_4 + \Pi_2 \Pi_3 \Pi_4)] \times$$

$$[N_1 N_2 N_3 N_4 / (N_1 N_2 N_3 + N_1 N_2 N_4 + N_1 N_3 N_4 + N_2 N_3 N_4)]^{-1} =$$

$$= [4V^{-1}_x L \Pi_1 \Pi_2 \Pi_3 \Pi_4 / (\Pi_1 \Pi_2 \Pi_3 + \Pi_1 \Pi_2 \Pi_4 + \Pi_1 \Pi_3 \Pi_4 + \Pi_2 \Pi_3 \Pi_4)] / 5,5 .$$

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 , - показан на рис.2.12.

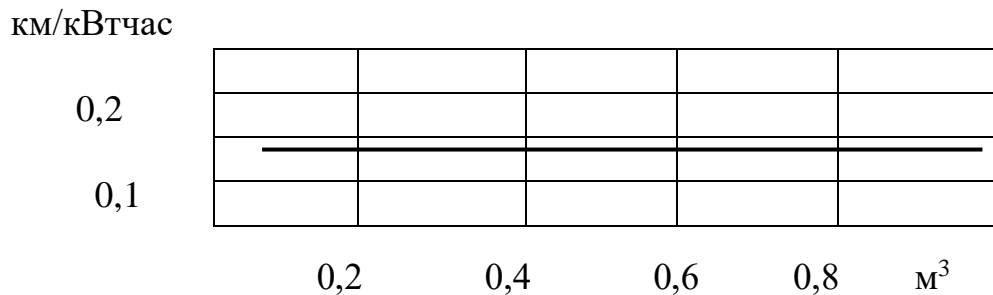


Рис.2.12. График зависимости удельной технологической скорости производства хлыстов от объема для комплекса: бензопила Хускварна-262 – бензопила Тайга-245 - трелевочный трактор с манипулятором ТБ-1М – челюстной погрузчик ЛТ-65Б .

На рис. 2.13 представлен стохастический цикл по выполняемым операциям для данного комплекса лесной техники

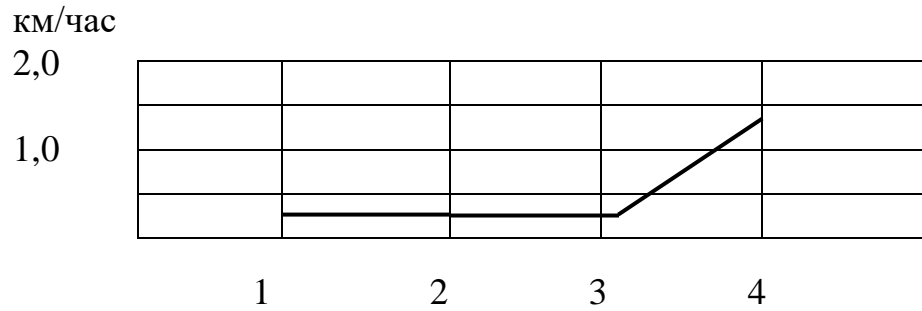


Рис.2.13 График стохастичности технологической скорости производства хлыстов для комплекса: бензопила Хускварна-262 – бензопила Тайга-245 - трелевочный трактор с манипулятором ТБ-1М – челюстной погрузчик ЛТ-65Б .

Представленный на рис.2.13 график стохастичности технологических операций в процессе производства позволяет сформулировать синхронизированную технологию на базе данной лесной техники.

2.4.. Производство хлыстов комплексом: 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

$$V_{ТЗ} = 3S^{-1}_x \Pi_1\Pi_2\Pi_3 / (\Pi_1\Pi_2 + \Pi_1\Pi_2 + \Pi_1\Pi_3 + \Pi_2\Pi_3), \quad (2.15)$$

или

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

здесь производительность валочно-пакетирующей машины с харвесторной головкой

$$\Pi_1 = V_x / t_x,$$

Где время производства равно

$$t_x = t_1 + t_2 + t_3 + t_4 + t_5 + t_6 + t_7,$$

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

$$П_2 = V_x n / (S/v_0 + S/v_g + t_{np} + t_0),$$

Здесь

$V_x n = V_n$ – средний объем трелюемой пачки, м³,

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,,

n – число деревьев в пачке;

производительность челюстного погрузчика

$$П_3 = V_n / (t_1 + t_2 + t_3),$$

здесь грузоподъемность пачки деревьев

$$V_n = V_x n,$$

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 воза после погрузки.

n – число хлыстов в пачке.

Технологическая мощность данного комплекса равна

$$N = 3 N_1 N_2 N_3 / (N_1 N_2 + N_1 N_3 + N_2 N_3) = 88 \text{ кВт},$$

Здесь

N_1 – мощность валочно-пакетирующей машины ЛП 19,

N_2 – мощность трелевочного трактора ТБ-1М,,

N_3 – мощность челюстного погрузчика ЛТ-65 Б.

Результаты расчета технологической скорости производства хлыстов данной системой машин представлены в таблице 4.

Таблица 4

Зависимость технологической скорости производства хлыстов от объема системой машин: валочно-пакетирующая машина ЛП19 с харвестерным ЗСУ, трелевочный трактор ТБ-1 М, челюстной погрузчик ЛТ-65Б.

$V_x, \text{ м}^3$	0,3	0,4	0,5	0,6	0,8
$V_T, \text{ км/час}$	1,4	1,4	1,4	1,4	1,3

На рис.2.14 показана зависимость технологической скорости производства хлыстов от объема системой машин: валочно-пакетирующая машина ЛП19 с харвестерным ЗСУ, трелевочный трактор ТБ-1 М, челюстной погрузчик ЛТ-65Б.

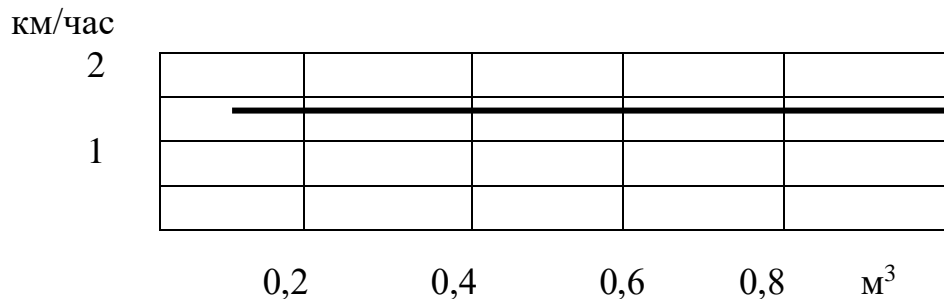


Рис.2.14. График зависимости технологической скорости производства хлыстов от объема для комплекса: валочно-пакетирующая машина ЛП19 с харвестерным ЗСУ, трелевочный трактор ТБ-1 М, челюстной погрузчик ЛТ-65Б.

Удельная технологическая скорость равна

$$v_{ТЗ} = [V_x^{-1} L \Pi_1 \Pi_2 \Pi_3 / (\Pi_1 \Pi_2 + \Pi_1 \Pi_3 + \Pi_2 \Pi_3)] \times$$

$$[N_1 N_2 N_3 / (N_1 N_2 + N_1 N_3 + N_2 N_3)]^{-1} =$$

$$= [3V_x^{-1} L \Pi_1 \Pi_2 \Pi_3 / (\Pi_1 \Pi_2 + \Pi_1 \Pi_3 + \Pi_2 \Pi_3)] / 88 .$$

На рис.2.15 показана зависимость удельной технологической скорости производства хлыстов от объема системой машин: валочно-пакетирующая машина ЛП19 с харвестерным ЗСУ, трелевочный трактор ТБ-1 М, челюстной погрузчик ЛТ-65Б.

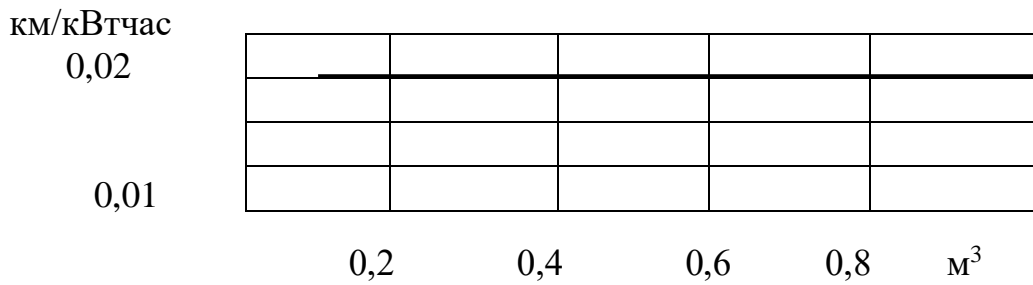


Рис.2.16. График зависимости удельной технологической скорости производства хлыстов от объема для комплекса: валочно-пакетирующая машина ЛП19 с харвестерным ЗСУ, трелевочный трактор ТБ-1 М, челюстной погрузчик ЛТ-65Б.

На рис.2.17 показана стохастичность последовательно выполняемых операций данным комплексом.

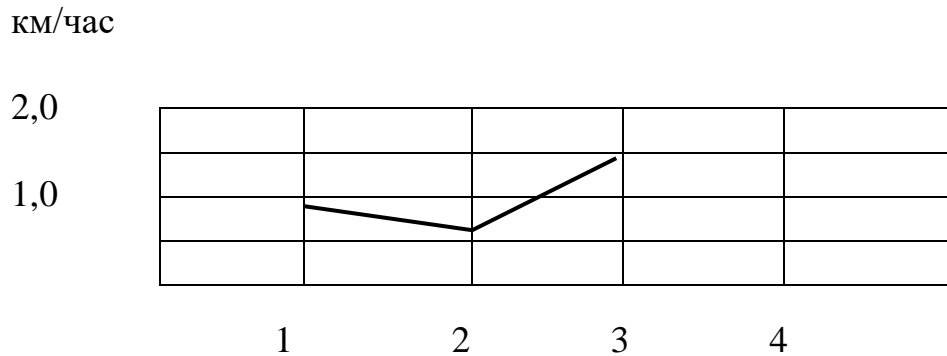


Рис.2.17 График стохастичности технологической скорости производства хлыстов для комплекса: валочно-пакетирующая машина ЛП19 с харвестерным ЗСУ, трелевочный трактор ТБ-1 М, челюстной погрузчик ЛТ-65Б.

На основании графика стохастичности выполняемых операций можно сформировать синхронизированную технологию для представленной лесной техники.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Повышение эффективности лесозаготовительного производства в условиях динамически развивающегося рынка лесной отрасли связано с решением проблемы комплексной оптимизации выполняемых технологических операций, как каждой в отдельности, так и в их системной связанности по принципу быстрогодействия, т.к. принцип быстрогодействия выполняемых операций является одним из основных, который необходимо учитывать при построении оптимальной стратегии производства.

Технологический процесс лесозаготовительного производства с позиции теории систем происходит в технологическом пространстве-времени как функционально-физическом пространстве большой размерности:

- функциональные: производительность, мощность, число машин и др.;
- физические: морфология лесосеки, почвенно-климатические условия, сезонность, характеристики древостоев и др..

Производство лесоматериалов в этом технологическом пространстве-времени характеризуется технологическими скоростями выполняемых операций валки, трелевки, обрезки сучьев, раскряжевки и др., знание которых позволяет определять оптимальные траектории (пути) на лесосеке.

Для решения проблемы повышения эффективности лесозаготовительного производства только одного системного представления динамической согласованности технологических операций и машин в комплексе является не достаточным и необходимо построение оптимальных технологических траекторий (путей) производства лесоматериалов на лесосеке в целом по быстрдействию с привлечением методов вариационного исчисления в функционально-физическом пространстве лесосеки.

При построении лесопромышленной логистики в целом необходимо решить проблему её представления на лесосеке для технологического процесса производства лесоматериалов, которые подлежат последующей транспортировки и переработки.

Оптимальные технологические траектории (пути) производства лесоматериалов на лесосеке по быстрдействию следует рассматривать как геодезические линии, т.е. кратчайшие линии, соединяющие начальные и конечные точки лесозаготовительного процесса в технологическом пространстве-времени.

Это означает, что основной задачей лесозаготовительной логистики это построение технологического пути производства как динамической геодезической в системе «техника-лес» на основании основных представлений логистики: кратчайшее время, кратчайший путь, высокие скорости перемещения, энергосберегающие режимы эксплуатации техники и др..

Литература

1. Салминен Э.О. Лесопромышленная логистика /Э.О.Салминен, А.А.Борозна, Н.А.Тюрин.- СПб.: СПбГЛТА, 2001.-188 с.
2. Базаров С.М. Системно-синергетический анализ технологий лесозаготовительного производства / С.М.Базаров, Ю.И.Беленький, А.Н.Соловьев.- СПб.: СПбГЛТУ, 2014.- 96 с.
3. Матвейко А.П. Технология и оборудование лесозаготовительного Производства.- Минск: Техноперспектива, 2006.- 447 с.
- 4.Ледяева А.С. Обоснование оптимального раскроя хлыстов методом линейного программирования / Автореф. дис. кта техн. наук.-СПб: ЛТА, 2007.- 20 с.
5. Лич Дж.У. Классическая механика./ Дж,у. Лич.- М.: ИЛ, 1961.- 174 с.
6. Фан Лянь-Цэнь. Дискретный принцип максимума.-/ Фан Лянь-Цэнь, Ван Чу-Сен.-М.: Мир, 1967.-180 с.

Оглавление

Введение.....	4
1. ДИНАМИЧЕСКИЕ КРИТЕРИИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЛЕСОЗАГОТОВИТЕЛЬНОЙ ЛОГИСТИКИ.....	4
1.1. Технологическая скорость производства и перемещения лесоматериалов.....	4
1.2. Удельные технологическая скорость и энергоёмкость производства.....	10
1.3. Стохастичность производства на технологическом пути.....	12
1.4. Закономерности геометрической структуры деревьев в естественных древостоях.....	14
1.5. Режимы энергосберегающего движения лесных машин.....	16
1.6. Оптимальные технологические пути перемещения лесоматериалов...	19
1.6.1. Кратчайший путь перемещения лесоматериалов.....	19
1.6.2. Кратчайшее время перемещения.....	20
1.6.3. Оптимизация технологического пути в системе волк-магистральный волок.....	21
1.7. Системно-динамическая взаимосвязанность сложных производственных процессов.....	23
2. ДИНАМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ЗАГОТОВКИ ХЛЫСТОВ....	27
2.1. Производство комплексом: бензопила-трелевочный трактор-бензопила-челюстной погрузчик.....	28
2.2. Производство хлыстов комплексом: валочно-пакетирующая машина-гусеничный трактор с пачковым захватом-сучкорезная машина-челюстной погрузчик.....	33
2.3. Комплекс на базе бензиномоторных пил.....	39
2.4. Производство хлыстов комплексом: валочно-пакетирующая машина с харвесторной головкой-трелевочный трактор с манипулятором- челюстной погрузчик.....	43
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	47
Литература.....	48

Научное издание

Базаров Сергей Михайлович
Беленький Юрий Иванович
Соловьев Александр Николаевич

ЛЕСОЗАГОТОВИТЕЛЬНАЯ ЛОГИСТИКА

Отпечатано в авторской редакции с готового оригинал-макета

