

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОЙ РАБОТЫ ЛЕСНОГО ТРАНСПОРТА НА ОСНОВЕ ПРИМЕНЕНИЯ СЕДЕЛЬНЫХ ПОЛУПРИЦЕПОВ-СОРТИМЕНТОВОЗОВ

The variant of the organization of transportation of wood on the basis of application tractor truck trailers short log truck is offered. On the basis of the theory of mass service the offered variant is examined and for it dependences for definition of necessary quantitative structure of the equipment are received. It is noted, that using results of minimization of criterion function it is possible to provide effective work of wood transport.

Введение. Любое лесопромышленное предприятие включает три технологические фазы:

- 1) лесосечные работы;
- 2) транспорт заготовленной древесины;
- 3) первичная переработка.

Транспортная фаза является наиболее капиталоемкой. Так, трудоемкость транспорта составляет 15...18% общих трудозатрат [1].

Высокая трудоемкость выполняемых транспортных работ в первую очередь связана с применением малоэффективных технологий на вывозке заготовленной древесины и неэффективным использованием наличного парка тягово-прицепного состава (основным показателем является малая производительность выполняемых работ). Производительность же лесотранспортных средств в значительной мере зависит от оперативности погрузки и загрузки.

Малая эффективность применяемых технологий вызвана в первую очередь несовершенным выполнением операций технологического процесса.

Малая производительность выполняемых работ определяется вынужденными простоями автотранспорта на вывозке древесины с лесосек. Вынужденные простои возникают из-за ряда причин. Основной важной причиной в первую очередь, как уже отмечалось выше, является длительное время погрузки и несогласованность по времени в начале выполняемых работ. Другими словами, мало того, что сортиментовоз длительное время стоит под погрузкой, так ему приходится еще ждать форвардер с лесосеки. Либо, если применяется сортиментовоз, оборудованный манипулятором, уменьшается полезная нагрузка на рейс в связи с увеличенной массой прицепа.

Таким образом, можно выделить два основных направления для обеспечения эффективной работы лесного транспорта:

- 1) Переход к новым, высокоэффективным транспортно-технологическим операциям на заготовке и вывозке древесины, что подразумевает внедрение высокопроизводительных машин и оборудования. Очевидно, это направление требует значительных капитальных вложений.

- 2) Модернизация применяемых в настоящее время транспортно-технологических операций на основе имеющихся у предприятий

тягово-прицепного состава и оборудования. Данное направление также требует денежных инвестиций, но не на переоснащение парка машин предприятия, а на улучшение организационной работы, оперативного планирования и обеспечения более четкого принятия управленческих решений.

В связи с тяжелым финансовым положением предприятий лесной отрасли наиболее перспективным является второе направление по обеспечению эффективности лесотранспортных работ.

Применение седельных полуприцепов-сортиментовозов для вывозки древесины. На основании проведенного анализа лесотранспортной фазы возникли предпосылки к совершенствованию технологического процесса транспортировки заготовленной древесины. С учетом зарубежного опыта [2] (рис. 1) предлагается к использованию модернизированная транспортно-технологическая операция – погрузка сортиментов на седельный полуприцеп-сортиментовоз.

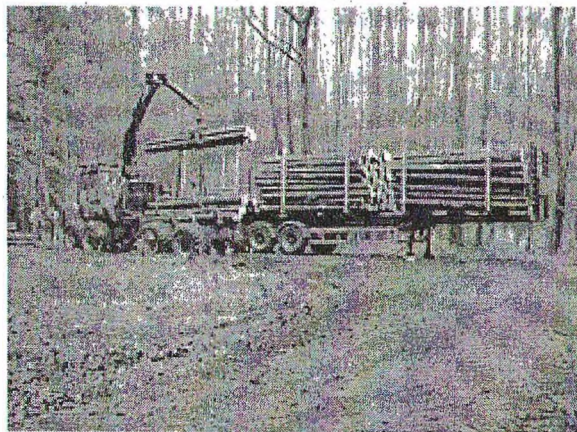


Рис. 1. Погрузка сортиментов на седельный полуприцеп-сортиментовоз

Суть модернизации заключается в следующем. Погрузка сортиментов осуществляется на отцепленный от тягача полуприцеп, который представляется на погрузочном пункте, а тягач цепляет уже загруженный полуприцеп (или переезжает на соседнюю лесосеку за загруженным прицепом).

Схематически модернизированную транспортно-технологическую операцию погрузки можно изобразить, как показано на рис. 2.

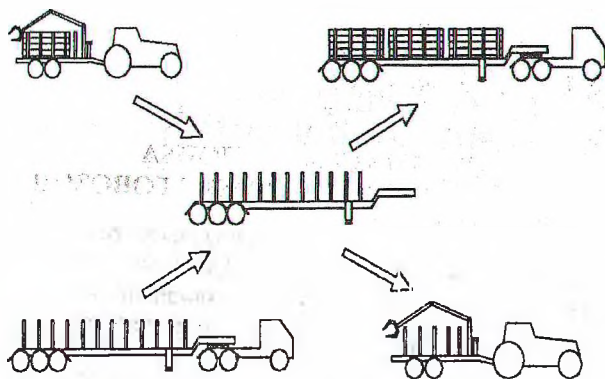


Рис. 2. Технологический процесс

Перед непосредственным началом основных работ на погрузочном пункте оставляется пустой седельный полуприцеп. На него в процессе разработки лесосеки загружается вывозимая древесина. Следует отметить, что для более производительной работы заготовка древесины должна осуществляться либо «скандинавской» технологией, либо технологией с использованием валочно-сучкорезно-раскряжевочной машины. Вывозка на погрузочный пункт осуществляется форвардерами.

За полуприцепом после его загрузки приезжает тягач с порожним прицепом, который остается на погрузочном пункте, а загруженный полуприцеп увозится.

Детально рассмотрим технологического процесс по этапам.

1) Форвардер 2 загружает оставленный пустой седельный полуприцеп-сортиментовоз 3 заготовленными сортаментами 1 (рис. 3).

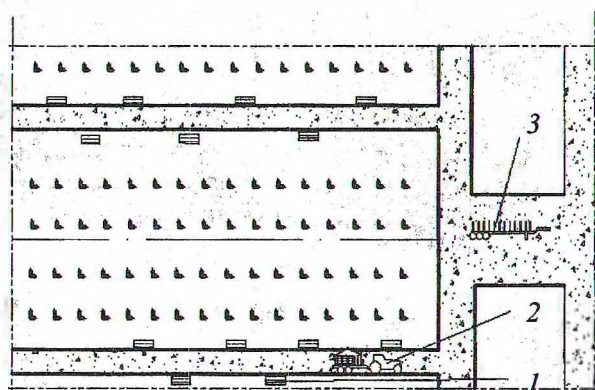


Рис. 3. Этап № 1:

1 – заготовленные сортаменты, 2 – форвардер, 3 – полуприцеп.

2) Форвардер загрузил седельный полуприцеп-сортиментовоз, ожидает автопоезд со вторым пустым седельным полуприцепом-сортиментовозом (рис. 4).

3) Форвардер загрузил тележку, едет на погрузочный пункт, автопоезд оставил на погрузочном пункте пустой прицеп, забирает загруженный (рис. 5).

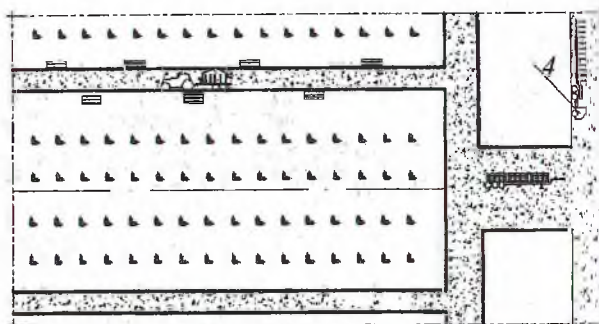


Рис. 4. Этап № 2:
4 – сортиментовоз

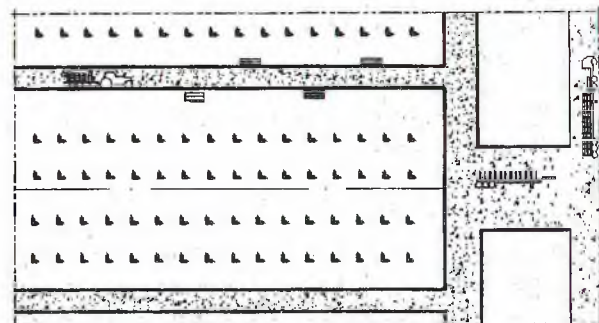


Рис. 5. Этап № 3

Преимущества предлагаемого варианта.

- 1) Сокращение до минимума простоев тягового состава.
- 2) Возможность более точного планирования времени вывозки древесины.
- 3) Уменьшение в связи с вышеуказанными пунктами издержек транспортных работ.
- 4) Увеличение полезной нагрузки на рейс вследствие отсутствия манипулятора.
- 5) Увеличение общей производительности транспортных работ.

Но наряду с преимуществами данная операция имеет ряд незначительных недостатков.

- 1) Трудности в организации более четкого планирования транспортных работ.
- 2) Необходимость в высокой квалификации сотрудников.
- 3) Отлаженная работа диспетчерской службы.
- 4) Необходимость в соответствующем материальном обеспечении (мобильная связь со всеми участниками процесса, наличие GPS-навигаторов).

5) Строительство погрузочных площадок со значительной несущей способностью.

Как видно, эти недостатки носят сугубо организационный характер и поэтому не являются существенными.

Но и в предлагаемом способе вывозки сортаментов надо организовать так, чтобы автопоезда не слишком много простаивали на погрузочно-разгрузочных пунктах в очереди за загруженным полуприцепом, а форвардеры успевали погрузить древесину на полуприцепы без излишних ожиданий их прихода на погрузоч-

ные пункты. Для этого необходимо оптимальное соотношение численности транспортных и погрузочно-разгрузочных средств, его можно рассчитывать с использованием методов теории массового обслуживания, задачей которой является определение зависимости показателей эффективности функционирования систем с взаимодействующими объектами от параметров организации этих систем [3].

Рассмотрим несколько идеализированный пример работы погрузочного пункта, на котором с интенсивностью μ прицепов в час один форвардер грузит седельный полуприцеп-сортиментовоз прибывающих с интенсивностью λ автопоездов в час (входящий поток) [4]. Если автопоезд, привозящий пустой прицеп, застаёт прицеп загруженным, то он оставляет пустой прицеп и забирает загруженный. Если прицеп неполный, прибывающий автопоезд покидает систему и больше не возвращается (уезжает к другому форвардеру).

Таким образом, система имеет два состояния: X_0 – форвардер свободен, прицеп загружен, ждет вывозки; X_1 – форвардер занят, прицеп не загружен.

Граф системы состоит из двух прямоугольников, соединенных стрелками (рис. 6). Первая с выходом из X_0 и входом в X_1 означает, что система может переходить из состояния X_0 в X_1 под воздействием потока интенсивностью λ ; вторая – с выходом из X_1 и входом в X_0 означает возможность перехода из состояния X_1 в X_0 под воздействием интенсивности погрузки μ (выходящий поток).

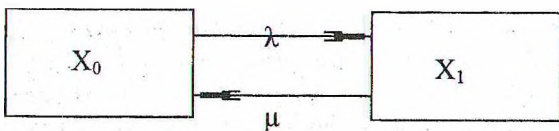


Рис. 6. Графическая схема с двумя состояниями

Теперь можно составить дифференциальные уравнения вероятностей (Колмогорова) пребывания в системе X_0 и в состоянии X_1 :

$$\begin{cases} \frac{dP_0}{dt} = -\lambda(t)P_0(t) + \mu(t)P_1(t), \\ \frac{dP_1}{dt} = -\mu(t)P_1(t) + \lambda(t)P_0(t). \end{cases} \quad (1)$$

где $\lambda(t)$ – интенсивность прибытия прицепов на погрузочный пункт, полуприцепов в час; $P_0(t)$ – вероятность нахождения системы в состоянии X_0 ; μ – интенсивность загрузки одного полуприцепа, полуприцепов в час; $P_1(t)$ – вероятность нахождения системы в состоянии X_1 ;

Для установившегося режима работы системы (при $t \rightarrow \infty$), а также при $\lambda = \text{const}$, $\mu = \text{const}$ (это возможно при простейших потоках): производные $\frac{dP_0}{dt}$ и $\frac{dP_1}{dt}$ равны нулю, и поэтому

$$\begin{cases} -\lambda P_0 + \mu P_1 = 0, \\ -\mu P_1 + \lambda P_0 = 0, \end{cases} \quad (2)$$

откуда можно получить соотношения

$$\begin{cases} \lambda P_0 = \mu P_1, \\ \frac{\lambda}{\mu} = \frac{P_1}{P_0}. \end{cases} \quad (3)$$

Используя изложенный метод, составим математическую модель работы погрузочного пункта с несколькими форвардерами [4].

Предположим, что на погрузочный пункт с n форвардерами, каждый из которых может грузить μ автопоездов в час (общая интенсивность погрузки $n\mu$), направлен поток из m прицепов, каждый из которых может выполнять λ рейсов в час (общая интенсивность потока прицепов $m\lambda$). Граф работы такого погрузочного пункта (рис. 7) имеет следующие состояния: X_0 – все форвардеры свободны, прицеп загружен, автопоездов на погрузочном пункте нет; X_1 – на пункте один прицеп под погрузкой; X_2 – на пункте два прицепа; X_k – на пункте k автопоездов, из них n – под погрузкой, а $k-n$ – в очереди; X_m – на погрузочном пункте максимально возможное число автопоездов, из них n – под погрузкой, а $m-n$ в очереди.

По изложенному формальному правилу для погрузочного пункта можно составить следующие уравнения состояния (4).

$$\begin{cases} \frac{dP_0}{dt} = -\lambda(t)P_0(t) + \mu(t)P_1(t), \\ \dots \\ \frac{dP_k(t)}{dt} = -[\lambda(m-k) + k\mu]P_k(t) + \\ + \lambda(m-k+1)P_{k-1}(t) + (k+1)\mu P_{k+1}(t); \\ (k=1, 2, \dots, (n-1)), \\ \dots \\ \frac{dP_k(t)}{dt} = -[\lambda(m-k) + k\mu]P_k(t) + \\ + \lambda(m-k+1)\lambda P_{k-1}(t) + n(k+1)\mu P_{k-1}(t); \\ (k=n, n+1, \dots, m), \\ \dots \\ \frac{dP_m(t)}{dt} = -n\mu P_m(t) + \lambda P_{m-1}(t). \end{cases} \quad (4)$$

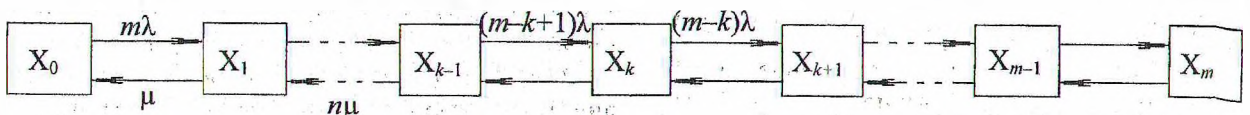


Рис. 7. Графическая схема системы «форвардеры – полуприцепы»

В реальных системах λ и μ являются некоторыми неотрицательными функциями времени, а t ограничено. В первом приближении рассмотрим более простой случай, а именно: $\lambda = \text{const}$, $\mu = \text{const}$. Тогда для начального состояния можно считать все производные равными нулю и систему дифференциальных уравнений свести к системе алгебраических уравнений, решая которую получают выражения для определения следующих показателей функционирования погрузочного пункта.

1) Вероятность того, что на погрузочном пункте k полуприцепов:

$$P_k = \frac{m!}{k!(m-k)!} \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^k P_0 \quad (5)$$

(для $1 \leq k \leq n$),

$$P_k = \frac{m!}{n^{k-n} n!(m-k)!} \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^k P_0 \quad (6)$$

(для $n \leq k \leq m$).

2) Вероятность того, что все форвардеры свободны:

$$P_0 = \left[\sum_{k=0}^n \frac{m!}{k!(m-k)!} \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^k + \sum_{k=n+1}^m \frac{m!}{n^{k-n} n!(m-k)!} \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^k \right]^{-1} \quad (7)$$

3) Среднее число полуприцепов, ожидающих начала погрузки:

$$m_0 = \sum_{k=n+1}^m \frac{(k-n)m!}{n^{k-n} n!(m-k)!} \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^k P_0 \quad (8)$$

4) Среднее число полуприцепов, находящихся в погрузочном пункте, под погрузкой и в ожидании погрузки:

$$m_c = \left[\sum_{k=1}^n \frac{m!}{(k-1)!(m-k)!} \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^k + \sum_{k=n+1}^m \frac{km!}{n^{k-n} n!(m-k)!} \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^k \right] P_0 \quad (9)$$

5) Среднее число простаивающих форвардеров из-за отсутствия полуприцепов:

$$n_0 = \sum_{k=0}^n \frac{(n-k)m!}{k!(m-k)!} \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^k P_0 \quad (10)$$

Данные выражения действительны для следующего соотношения интенсивностей входящего потока прицепов и их погрузки:

$$m\lambda \leq n\mu \quad (11)$$

Если это соотношение не выполняется, то очередь прицепов на погрузочном пункте будет

неограниченно возрастать, так как форвардеры не будут справляться.

По последнему соотношению можно определить максимальное число полуприцепов m_{max} , которое может быть обслужено заданным числом n форвардеров при определенных соотношениях интенсивностей их работы:

$$m_{\text{max}} = \frac{n\mu}{\lambda} \quad (12)$$

Тогда минимальное число форвардеров n_{min} для обслуживания заданного числа полуприцепов

$$n_{\text{min}} = \frac{m\lambda}{\mu} \quad (13)$$

Анализ работы форвардеров и автопоездов с применением теории массового обслуживания позволяет определять показатели использования погрузочно-транспортных и транспортных средств, работающих под влиянием случайных факторов, а также оценивать принятые различные варианты организации транспортно-технологических операций с выбором из них наиболее эффективных [1].

Эффективная работа предложенной системы предполагает соотношение их численности, при которой суммарные потери от простоя прицепов (автопоездов) на погрузочных площадках в ожидании погрузки и под погрузкой, от простоев форвардеров в ожидании полуприцепов (автопоездов) будут минимальными:

$$Z_0 = m_c C_a + n_0 C_\phi \rightarrow \min, \quad (14)$$

где m_c – среднее число полуприцепов; C_a – себестоимость машино-смены полуприцепа (автопоезда); n_0 – среднее число форвардеров; C_ϕ – себестоимость машино-смены форвардера.

Таким образом, минимизируя представленную целевую функцию, мы определим оптимальное численное соотношение форвардеров и полуприцепов, тем самым обеспечив эффективную работу предприятия на вывозке сортиментов.

Заключение. Обеспечение эффективности работы лесного транспорта является важным элементом для экономического развития предприятий лесного комплекса. В этой связи главенствующую роль играет оптимизация всех транспортно-технологических операций на заготовке древесины и ее транспортировке на перерабатывающие заводы или конечным потребителям. Оптимизация указанных операций должна производиться с учетом интересов не только поставщиков древесины, но и увязываться со стратегиями управления и планирования потребителей древесины.

Предлагаемая модернизация транспортно-технологической операции погрузки древесины позволяет достичь следующих результатов:

1) сократить простои тягового состава, увеличить производительность транспортных работ

и более эффективно использовать имеющийся у предприятий тяговый и прицепной состав;

2) полученные на основании теории массового обслуживания зависимости для предлагаемого варианта дают возможность определить оптимальное количественное соотношение применяемого оборудования;

3) использовать имеющийся у предприятия тягово-прицепной состав с максимальным коэффициентом загрузки;

4) минимизировать общие затраты от простоев и тем самым обеспечить эффективную работу лесного транспорта в результате определения оптимального численного состава седельных полуприцепов-сортиментовозов и фовардеров;

а также:

5) является предпосылкой, в общем случае, для внедрения более гибкой системы планирования и согласования со всеми участниками технологического процесса;

6) делает прозрачными процессы измерения и учета заготовленного лесоматериала;

7) требует высокой квалификации работников (не только ИТР, занимающихся планированием и управлением, но и операторов машин);

8) дает наибольшую эффективность на вывозке сортиментов вкупе со скандинавской

технологией заготовки древесины либо технологией с применением харвестеров;

9) наряду с GPS-технологией (в частности, с применением GPS датчиков, монтируемых на подвижном составе) дает возможность получения в любой момент времени (On-line) информации о местонахождении того или иного сортиментовоза, а в случаях использования современного оборудования (мобильная связь и карманные персональные компьютеры) – объем и качество перевозимых сортиментов.

Литература.

1. Сухопутный транспорт леса: учеб. для вузов / В. И. Алябьев [и др.]; под ред. В. И. Алябьева. – М.: Лесная пром-сть, 1990. – 416 с.

2. Brunner, M. Einsparpotentiale in unserer Wald- und Holzwirtschaft / M. Brunner // Wald und Holz. – 2002. – № 1.-S. 42–44.

3. Редькин, А. К. Применение теории массового обслуживания на лесозаготовках / А. К. Редькин. – М.: Лесная пром-сть, 1973. – 152 с.

4. Алябьев, В. И. Оптимизация производственных процессов на лесозаготовках / В. И. Алябьев. – М.: Лесная пром-сть, 1977. – 232 с.