

minimize the expenses on road construction, maintenance, reconstruction, wood supply and silvicultural activities. The article gives the historical overview of transport systems' projecting and future perspectives development in Russia and abroad; use of GIS, which allows to take into account all the conditions, influencing the system formation. It is suggested to define the forest area zones dealing with the industrial transport accessibility, seasonal exploitation in order to make the rational forest road system. One can also get familiar with the documents dealing with forest infrastructure planning for long-term, middle-term and short-term. The author emphasizes the necessity of making forest roads systems general schemes in the frame of the public roads system development and the strategic development of the forest sector.

## **2.5. Рациональная организация лесотранспортных процессов при освоении годового лесосечного фонда лесозаготовительного предприятия**

Существующая система лесосечно-транспортного процесса на лесозаготовительных предприятиях (ЛЗП) предлагает годовое, квартальное и ежемесячное планирование. Особо актуальной в связи со сложившейся системой организации лесозаготовок является ежемесячное планирование лесозаготовок и транспорта леса, которое носит массовый характер. Оно осуществляется на уровне планово-производственных отделов предприятия и предполагает определение не только объемов, но и местоположения лесозаготовок, объемов складирования, хранения и сроков вывозки заготовленного леса, что в конечном счете в значительной мере определяет эффективность всего лесозаготовительного процесса.

Существующая практика планирования последовательности освоения годового лесосечного фонда содержит множество неформализованных субъективных этапов, в основном основанных на интуиции и опыте предыдущих лет. Наиболее плодотворным путем решения задач такого рода является разработка экономико-математических моделей и их реализация на ЭВМ с принятием обоснованных плановых и проектных решений.

Лесотранспортные работы в лесозаготовительном производстве имеют определяющее значение. От правильного и своевременного выполнения лесотранспортных работ зависят все последующие операции и конечные результаты работы ЛЗП в целом. По содержанию и условиям выполнения лесной транспорт значительно отличается от других фаз технологического процесса лесозаготовок. Их особенностью является существенная зависимость от природных условий: погоды и климата, грунтово-гидравлических условий и таксационных характеристик лесосек. Наибольшее влияние на лесотранспортный процесс оказывают погодно-климатические факторы, что в первую очередь и определяет

сезонность лесозаготовок. Значительная изменчивость этих характеристик как по времени (сезонные колебания), так и в пространстве (каждая лесосека имеет свои условия) делает задачу проектирования лесосечно-транспортных процессов чрезвычайно сложной.

На современном этапе развития лесозаготовительного производства можно выделить два основных слагаемых оптимального решения задачи организации механизированных работ на группе объектов производственной программы ЛЗП:

- решение вопроса о рациональном пространственно-временном освоении годового лесосечного фонда;
- выбор наиболее эффективных способов выполнения работ на объектах программы планируемого периода (выбор принципиальной схемы разработки лесосек, рациональной конструкции технологических путей).

Максимальный эффект дает лишь совместное решение всех указанных задач. Этого можно достичь путем создания интегрированных систем автоматизированного проектирования и управления лесопользованием. Такие методы и автоматизированные системы разрабатываются и внедряются, однако большинство из них рассчитаны на решение стратегических задач в рамках региона, области или холдинга и поэтому не всегда применимы к каждому конкретному лесозаготовительному предприятию.

Содержательное описание задачи сводится к следующему. Имеется годовой лесосечный фонд лесозаготовительного предприятия, сведения о котором включают общее число лесосек, таксационное описание каждой из них, их географическое местоположение и грунтово-гидрологические условия. Все лесосеки должны быть освоены в течение планируемого года, причем любая из них может быть разработана в любое время в течение года, но расходы на лесозаготовки, лесовосстановление и лесотранспорт будут при этом различны. Заготовленная на лесосеках древесина может быть отправлена на нижний склад сразу же (но не позднее месяца со дня заготовки) либо складирована здесь же в штабелях с последующей вывозкой ее на нижний склад или потребителю в наиболее рациональные календарные сроки. Эффективность лесосечно-транспортных работ также зависит от сезона года, поскольку расходы на лесосечные работы, дорожное строительство и транспортная составляющая себестоимости вывозки значительно отличаются по сезонам года. Кроме того, считается, что помесечные поставки леса потребителю определены и известны заранее; помесечные объемы заготовки и складирования древесины на лесосеках, промежуточном и нижнем складе не определены; известен лишь их верхний предел, установленный наличием складских площадей, материально-технических и трудовых ресурсов.

Для математического описания задачи введем следующие обозначения:

$a_i$  ( $i = \overline{1, m}$ ) – лесосеки расчетного года с запасом  $a_i$ , м<sup>3</sup>;

$m$  – общее количество лесосек расчетного года;

$\overline{q_k}$  – возможный верхний предел заготовки и складирования древесины на верхнем складе, определяемый запасом ликвидной древесины на лесосеке  $a_i$ ;

$\overline{S_l}$  ( $l = \overline{1, 12p}$ ) – месячный объем хранения леса на промежуточном (сезонном) складе с верхним предельным объемом хранения леса  $\overline{S_l}$ ;

$p$  – количество сезонных складов;

$\overline{N_r}$  ( $r = \overline{1, 12d}$ ) – месячный объем хранения леса на нижнем складе с верхним предельным объемом месячной переработки и хранения древесины  $\overline{N_r}$ ;

$d$  – количество нижних складов;

$b_j$  ( $j = \overline{1, 12n}$ ) – потребители продукции с месячным объемом потребления, предусмотренным контрактом на поставку древесины  $b_j$ ;

$n$  – количество потребителей;

$x_{ik}$  – объем леса, вырубаемый на  $i$ -й лесосеке и складированный на ней для последующей вывозки;

$x_{il}, x_{ir}, x_{ij}$  – объем леса, вырубаемый на  $i$ -й лесосеке с прямой доставкой соответственно на промежуточный склад, нижний склад и во двор потребителя;

$x_{kl}, x_{kr}, x_{kj}$  – объем леса, вывозимый после хранения с верхнего склада соответственно на промежуточный склад, нижний склад и во двор потребителя;

$x_{lr}, x_{lj}$  – объем леса, вывозимый с промежуточного склада на нижний склад и во двор потребителя;

$x_{rj}$  – объем леса, вывозимый с  $r$ -го нижнего склада  $j$ -му потребителю;

$C_{ik}$  – удельные приведенные расходы на операции валки леса, обрезки сучьев и трелевки в  $i$ -й лесосеке в  $k$ -м месяце;

$C_{il}$  – удельные приведенные расходы сезонных операций валки леса, обрезки сучьев, трелевки, строительства технологических путей, погрузки леса, его перевозки и выгрузки с  $i$ -й лесосеке на  $l$ -й сезонный склад;

$C_{ir}$  – удельные приведенные расходы сезонных операций валки леса, обрезки сучьев, трелевки, строительства технологических путей, погрузки, перевозки и выгрузки леса с  $i$ -й лесосеки на  $r$ -й нижний склад с последующей раскряжкой, рассортировкой и штабелевкой;

$C_{kl}$  – удельные приведенные расходы операций строительства технологических путей (усов), погрузки древесины, ее перевозки, выгрузки с  $k$ -го верхнего склада на  $l$ -й сезонный (промежуточный) склад;

$C_{kr}$  – удельные приведенные расходы операций строительства технологических путей (усов), погрузки древесины, ее перевозки, выгрузки, раскряжевки и штабелевки с  $k$ -го верхнего склада на  $r$ -й нижний склад;

$C_{kj}$  – удельные приведенные расходы операций раскряжевки хлыстов на верхнем складе, строительства технологических путей, погрузки древесины, ее перевозки и выгрузки с  $k$ -го верхнего склада во двор  $j$ -го потребителя;

$C_{lr}$  – удельные приведенные расходы операций погрузки древесины, ее перевозки, выгрузки, раскряжевки и штабелевки с  $l$ -го сезонного склада на  $r$ -й нижний склад;

$C_{lj}$  – удельные приведенные расходы операций раскряжевки древесины на промежуточном складе, погрузки леса, его перевозки и выгрузки с  $l$ -го сезонного склада во двор  $j$ -го потребителя;

$C_{rj}$  – удельные приведенные расходы операций погрузки леса, его перевозки и выгрузки с  $r$ -го нижнего склад во двор  $j$ -го потребителя.

Математическая модель поставленной задачи имеет следующую целевую функцию:

$$\begin{aligned}
 F = & \sum_{i=1}^m \sum_{k=1}^{12m} C_{ik} x_{ik} + \sum_{i=1}^m \sum_{l=1}^{12p} C_{il} x_{il} + \sum_{i=1}^m \sum_{r=1}^{12d} C_{ir} x_{ir} + \sum_{k=1}^{12m} \sum_{l=1}^{12p} C_{kl} x_{kl} + \\
 & + \sum_{k=1}^{12m} \sum_{r=1}^{12d} C_{kr} x_{kr} + \sum_{k=1}^{12m} \sum_{j=1}^{12n} C_{kj} x_{kj} + \sum_{l=1}^{12p} \sum_{r=1}^{12d} C_{lr} x_{lr} + \sum_{l=1}^{12p} \sum_{j=1}^{12n} C_{lj} x_{lj} + \\
 & + \sum_{r=1}^{12d} \sum_{j=1}^{12n} C_{rj} x_{rj} \rightarrow \min.
 \end{aligned}$$

Задача содержит следующие ограничения.

Общие запасы годового лесосеченого фонда должны быть равны или превосходить заключенные предприятием контракты на поставку древесины:

$$\sum_{i=1}^m a_i + \sum_{k=1}^{12m} q_k + \sum_{l=1}^{12p} S_l + \sum_{r=1}^{12d} N_r \geq \sum_{j=1}^{12n} b_j.$$

Сумма поставок  $j$ -му потребителю из всех лесосек, отведенных в рубку, должна быть равна спросу этого потребителя:

$$\sum_{i=1}^N x_{ij} + \sum_{k=1}^{12m} x_{kj} + \sum_{l=1}^{12p} x_{lj} + \sum_{r=1}^{12d} x_{rj} = b_j \quad (j = \overline{1, 12n}).$$

Сумма поставок леса с каждой  $i$ -й лесосеки на верхний, сезонные и нижний склады и во двор потребителю не должна быть более ликвидного запаса на этой лесосеке:

$$\sum_{k=1}^{12m} x_{ik} + \sum_{l=1}^{12p} x_{il} + \sum_{r=1}^{12d} x_{ir} + \sum_{j=1}^{12n} x_{ij} \geq a_i \quad (i = \overline{1, m}).$$

Суммарный объем поставок леса на верхние склады должен быть равен мощности каждого из них, а поставки из этих складов на сезонный склад, нижний склад и во двор потребителю не должны превосходить установленного верхнего предела их мощности:

$$\sum_{i=1}^m x_{ik} = X_k = \sum_{l=1}^{12p} x_{kl} + \sum_{r=1}^{12d} x_{kr} + \sum_{j=1}^{12n} x_{kj} \geq \overline{q_k} \quad (k = \overline{1, 12m}).$$

Суммарный объем поставок леса на сезонные склады с лесосек и верхних складов должен быть равен мощности каждого из них, а поставки с сезонных складов на нижний склад и потребителю не должны превышать установленного верхнего предела их мощности:

$$\sum_{i=1}^m x_{il} + \sum_{k=1}^{12m} x_{kl} = X_l = \sum_{r=1}^{12d} x_{lr} + \sum_{j=1}^{12n} x_{lj} \geq \overline{S_l} \quad (l = \overline{1, 12p}).$$

Суммарный объем поставок леса на нижние склады с лесосеки, верхних и сезонных складов должен быть равен мощности каждого из них, а поставки с нижних складов во двор потребителю не должны превосходить установленного верхнего предела их мощности:

$$\sum_{i=1}^m x_{iq} + \sum_{k=1}^{12m} x_{kr} + \sum_{l=1}^{12p} x_{lr} = X_r = \sum_{j=1}^{12n} x_{rj} \geq \overline{N}_r \quad (r = \overline{1,12d}).$$

Задача содержит также ограничение на неотрицательность всех неизвестных:

$$\begin{cases} x_{ik} \geq 0; & x_{il} \geq 0; & x_{ir} \geq 0; & x_{ij} \geq 0; \\ x_{kl} \geq 0; & x_{kr} \geq 0; & x_{lj} \geq 0; & x_{lr} \geq 0; \\ x_{ij} \geq 0; & x_{rj} \geq 0; & (i = \overline{1,m}; & k = \overline{1,12m}; & l = \overline{1,12p}; & r = \overline{1,12d}; & j = \overline{1,12n}). \end{cases}$$

Предложенная модель, метод ее преобразования и построения сводной матрицы исходных данных обладают достаточной универсальностью и легко преобразовываются для большего количества звеньев в системе лесотранспорта.

На основании вышеизложенного на кафедре сухопутного транспорта леса лесоинженерного факультета Санкт-Петербургской государственной лесотехнической академии под руководством проф. Н. А. Тюрина была создана система *OZVD*. Исходными данными для системы являются сведения о годовом лесосечном фонде ЛЗП. Каждая лесосека характеризуется ликвидным объемом, площадью – общей и неэксплуатационной, геометрическими параметрами, наличием подроста, расстоянием до существующей дороги, типом местности по условиям увлажнения, средним объемом хлыста и расстоянием вывозки до нижнего склада. Материально-технические ресурсы ЛЗП характеризуются системой лесосечно-транспортных машин, месячными объемами заготовки и вывозки леса, а также месячными потребностями нижнего склада в древесине.

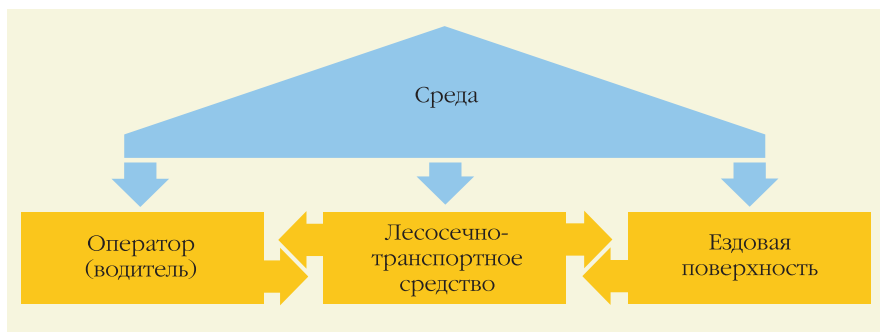
Выходная информация, полученная в результате работы системы, выводится как на дисплей, так и на принтер, а также в файл. Она содержит матрицу решения транспортной задачи, таблицу календарных графиков заготовки и вывозки леса с каждой из лесосек годового лесосечного фонда, таблицу рациональных схем и конструкций дорожных одежд на усах, количество погрузочных пунктов на лесосеке, принципиальные схемы трелевочных волоков, технологическую карту разработки лесосеки с технико-экономическими показателями.

Использование системы в учебном процессе и опытное внедрение на производстве показало ее работоспособность и эффективность.

Транспортно-технологические процессы производятся под открытым небом, находясь под прямым воздействием всех климато-

образующих факторов и явлений погоды. Климат и погода существенно влияют как на состояние ездовых поверхностей, по которым движутся лесосечно-транспортные машины, узлы, агрегаты и системы самих машин, так и на эмоционально-психологическое состояние водителя (оператора). Кроме того, погода и климат определяют не только сезонные изменения самого предмета труда (древесины), но и условия лесосечно-транспортного процесса, определяющего его безопасность и эффективность. Чтобы организовывать транспортно-технологические процессы с целью обеспечения эффективного и безопасного выполнения всех операций в разных погодно-климатических условиях, необходимо понять и оценить указанные воздействия и зависимости.

В основе теории организации лесосечно-транспортных процессов с учетом влияния климата лежит качественное и количественное описание сущности и закономерностей изменения параметров и характеристик лесосечно-транспортных процессов, происходящих под воздействием климатических факторов. Используя методологию системного подхода, структурную схему лесосечно-транспортной системы можно представить в виде следующих подсистем: «среда» – «оператор (водитель)» – «лесосечно-транспортное средство» – «ездовая поверхность» (рис. 29).



**Рис. 29. Структурная схема лесосечно-транспортной системы**

В предложенной структурной схеме могут быть выделены следующие основные подсистемы: «среда – водитель», «водитель – лесосечно-транспортное средство», «лесосечно-транспортное средство – ездовая поверхность», «среда – ездовая поверхность», «ездовая поверхность – лесосечно-транспортное средство», «среда – лесосечно-транспортное средство».

Особенность воздействия погодно-климатических факторов на функционирование лесосечно-транспортной системы, приведенная в табл. 3, заключается в том, что одна часть метеорологических элементов одновременно влияет на все или несколько подсистем, другая – только на некоторые подсистемы.

**Таблица 3. Воздействие погодно-климатических факторов на лесосечно-транспортную систему**

Погодно-климатический фактор	Оператор (водитель)	Лесосечно-транспортная машина (механизм)	Предмет труда (дерево, хлыст, сортимент)	Ездовая поверхность (дорога)	Показатели функционирования
Атмосферное давление	НПН, $t_p$ , $V_i$	$N_e, q$	–	–	$C_T$
Температура	НПН, $t_p$ , $V_i$	$N_e, q, U, K_6$	$t_x, A_p$	$\omega, \varphi$	$T_n, C_T, C_d$
Влажность	НПН, $t_p$ , $V_i$	$N_e$	$t_x$	$\omega, \varphi$	$C_T, C_d$
Метеовидимость	НПН, $t_p$ , $V_i$	$W, U, K_6$	$K_v$	$S_v$	$T_n, C_T, C_d$
Дождь	НПН, $t_p$ , $V_i$	$W, U, K_6$	$K_v$	$S_v, \omega, \varphi$	$T_n, C_T, C_d$
Снег	НПН, $t_p$ , $V_i$	$W, U, K_6$	$K_v$	$S_v, \omega, \varphi$	$T_n, C_T, C_d$
Ветер	НПН, $t_p$ , $V_i$	$U, K_6$	$K_v$	$\omega$	$T_n, C_T, C_d$
Метель	НПН, $t_p$ , $V_i$	$W, U, K_6$	$K_v$	$S_v, \omega, \varphi$	$T_n, C_T, C_d$
Гололед	НПН, $t_p$ , $V_i$	$U, K_6$	$K_v$	$\varphi$	$C_T, C_d$
Гроза	НПН, $t_p$ , $V_i$	$K_6$	$K_v$	–	$T_n, C_T$

НПН – нервно-психологическая напряженность;  $t_p$  – время реакции;  $V_i$  – скорость переработки информации;  $N_e$  – мощность двигателя;  $q$  – расход топлива;  $U$  – устойчивость, управляемость;  $K_6$  – безопасность;  $W$  – видимость, обзорность;  $t_x$  – продолжительность хранения;  $A_p$  – удельная работа резания и пиления;  $K_v$  – безопасность валки;  $\omega$  – сопротивление движению;  $\varphi$  – коэффициент сцепления;  $S_v$  – расстояние видимости;  $T_n$  – непрерывность;  $C_T$  – транспортная составляющая себестоимости;  $C_d$  – дорожная составляющая себестоимости.

Наибольшее воздействие метеорологических факторов на функционирование лесосечно-транспортной системы осуществляется через восприятие оператором состояния ездовой поверхности и через взаимодействие лесосечно-транспортной машины с ездовой поверхностью, поскольку защитить ее от прямого влияния метеофакторов не представляется возможным. Соответственно можно выделить следующие показатели качества ездовой поверхности:

- сопротивление движению машины;
- коэффициент сцепления;
- ровность поверхности;
- повреждаемость поверхности;
- метеорологическая видимость.



В конце семидесятых годов на кафедре сухопутного транспорта леса Ленинградской лесотехнической академии под руководством профессора Б. А. Ильина начались научно-исследовательские работы, направленные на разработку прикладных аспектов лесозаготовительной метеорологии. Основной задачей этих исследований была разработка и обоснование технологий лесосечно-транспортных работ, которые позволяют максимально учесть и эффективно использовать погодноклиматические условия региона, а также снизить ущерб от опасных метеорологических явлений.

В результате первоначального анализа было выяснено, что наибольшее влияние погодноклиматические факторы оказывают на лесотранспортный процесс, который в первую очередь и определяет сезонность лесозаготовок. В свою очередь, в лесотранспортном процессе наиболее зависимыми от погоды и климата являются технологические лесовозные дороги (усы), работоспособность которых определяется прежде всего влажностью грунта и его модулем деформации. Следовательно, для повышения эффективности работы грунтовых дорог, рациональной организации всего лесотранспортного процесса необходимы знания закономерностей изменения влажности грунтов, их водно-теплового режима.

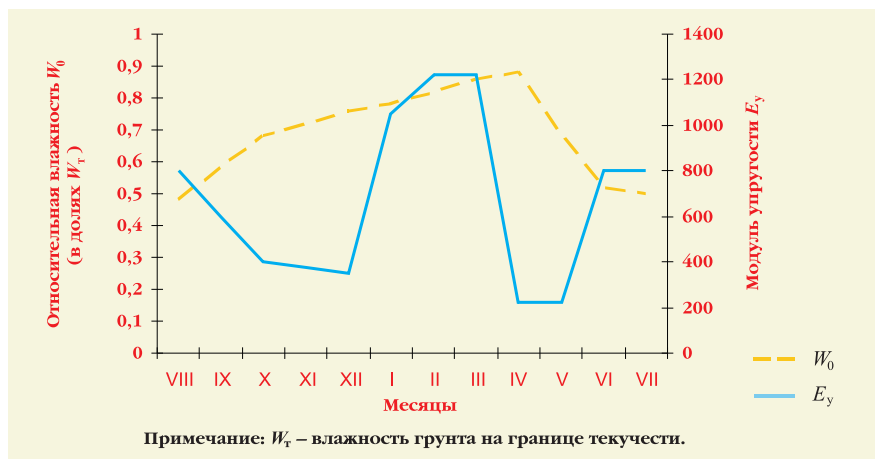
Под водно-тепловым режимом земляного полотна понимают закономерные изменения во времени его влажности и температуры. Характер таких изменений в различных дорожно-климатических зонах неодинаков, и поэтому далее приводятся данные о водно-тепловом режиме во II дорожно-климатической зоне, в которой находится большинство лесовозных дорог.

Количество влаги,  $W$ , находящееся в земляном полотне, не остается в течение года постоянным и изменяется за определенный промежуток времени согласно уравнению водного баланса

$$W = (A + B + C) - (D + E + F),$$

где  $A$  – осадки, выпадающие на земляное полотно;  $B$  – просачивание воды, притекающей с прилегающей к дороге местности в земляное полотно;  $C$  – приток воды от уровня грунтовых вод по капиллярам, а также в результате пленочного и парообразного перемещения влаги;  $D$  – сток воды с земляного полотна;  $E$  – испарение влаги с поверхности грунта;  $F$  – просачивание воды из земляного полотна в глубинные слои грунта.

На рис. 30 приведена схема круглогодичного цикла изменения водно-теплового режима земляного полотна из суглинка, где показано изменение относительной влажности грунта,  $W_0$ , и величины модуля упругости грунта,  $E_y$ , характеризующего его прочность.



**Рис. 30. Круглогодичный цикл водно-теплового режима и состояния конструкции во II дорожно-климатической зоне**

В отечественной лесной промышленности практически отсутствуют многолетние систематические наблюдения за влажностью грунтов лесных дорог. Однако агроклиматологией накоплен большой многолетний статистический материал наблюдений за влажностью грунтов открытого поля. Эти данные, как показали дальнейшие исследования Н. А. Тюрина, с учетом переходного коэффициента от влажности грунта в поле к влажности грунта земляного полотна могут быть использованы и для определения расчетной влажности (табл. 4) и прочностных характеристик (табл. 5) грунтов на грунтовых дорогах летнего действия.

**Таблица 4. Средние значения влажности грунтов**

Подзона II дорожно-климатической зоны	Тип местности по условиям увлажнения	Среднее значение влажности, в долях $W_t$ , грунтов			
		легких супесей	пылеватых песков	легких суглинков и тяжелых глин	пылеватых супесей, тяжелых супесей и суглинков
II <sub>1</sub>	1	0,60	0,62	0,65	0,70
	2	0,63	0,65	0,68	0,73
	3	0,65	0,67	0,70	0,75
II <sub>2</sub>	1	0,57	0,59	0,62	0,67
	2	0,60	0,62	0,65	0,70
	3	0,62	0,64	0,67	0,72
IV	1	0,53	0,55	0,57	0,64
	2-3	0,57	0,58	0,60	0,64

**Таблица 5. Прочностные характеристики грунтов**

Грунт	Параметр	Расчетные значения модуля упругости, $E$ , угла внутреннего трения, $\varphi$ , коэффициента сцепления грунта, $C$ , при влажности грунта, в долях $W_r$									
		0,50	0,55	0,60	0,65	0,70	0,75	0,80	0,85	0,90	0,95
Супесь легкая	$E$ , МПа	70	60	56	53	49	45	43	42	41	40
	$\varphi$ , град	37	36	36	36	35	35	34	34	33	33
	$C$ , МПа	0,015	0,014	0,014	0,013	0,012	0,011	0,010	0,009	0,008	0,007
Пылеватая супесь, тяжелая пылеватая супесь, суглинки легкого пылеватый	$E$ , МПа	108	90	72	54	46	38	32	27	26	25
	$\varphi$ , град	32	27	24	21	18	15	13	11	10	9
	$C$ , МПа	0,045	0,036	0,030	0,024	0,016	0,013	0,010	0,008	0,005	0,004

Кроме того, проведенные СевНИИП исследования показывают, что влажность грунтов лесных площадей значительно превышает влажность грунтов соседних полевых площадей. Отношение влажности лесных и полевых площадей для различных грунтов и глубины их залегания достигает величины 1,29. Установлено также, что на полевых площадях на влажность грунтов значительное влияние оказывают температура воздуха и начальная влажность, на лесных площадях – количество выпадающих осадков и начальная влажность, а не температура воздуха.

Другой методикой определения календарных сроков лесотранспортных процессов может стать использование климатических справочников и методов математической статистики. Определяется частота (вероятность) дат начала лесосечных работ на зимних лесосеках. В качестве критерия при определении величины расчетной даты начала лесосечных работ принимается ежегодная вероятность превышения (обеспеченность) этой величины по аналогии с обеспеченностью расчетной гидрологической характеристикой. Обеспеченность выражается числом случаев или в процентах.

К примеру, в средней тайге Республики Коми (метеостанция Сыктывкар) раннее начало лесосечных работ (5 %-я обеспеченность) соответствует 26 сентября, среднее начало (50 %-я обеспеченность) – 13 октября, позднее начало (95 %-я обеспеченность) – 28 октября. Период лесосечных работ на зимних лесосеках с начала лесосечных работ до конца года при 5 %-й обеспеченности  $T_{p. н. 5 \%} = 96$  дней, соответственно при 50 %-й обеспеченности  $T_{с. н. 50 \%} = 79$  дней и при 95 %-й обеспечен-

ности  $T_{п. н. 95 \%} = 64$  дня. Окончание лесосечных работ весной на зимних лесосеках в средней тайге Республики Коми определяется аналогично, т. е. раннее окончание лесосечных работ 19 марта, среднее 7 апреля и позднее 28 апреля. Период лесосечных работ на зимних лесосеках с начала года до окончания лесосечных работ:  $T_{р. о. 5 \%} = 79$  дней,  $T_{с. о. 50 \%} = 97$  дней,  $T_{п. о. 95 \%} = 118$  дней.

В разные годы могут быть раннее, среднее и позднее как начало, так и окончание лесосечных работ на зимних лесосеках.

Наряду с использованием климатических данных перспективным для управления работой предприятия является использование краткосрочных и долгосрочных прогнозов погоды.

### **Rational organization of timber hauling while mastering the annual timber cutting fund by a timber harvesting company**

The tendered system of rational organization of timber hauling allows placing the optimal strategy at mastering annual timber cutting fund, which includes definition of calendar times of holding operations in each wood-cutting area, duration of storage of the harvested timber in a upper storage places, time and amount of wood supply to a customer.

## **2.6. Доступность лесных ресурсов на лесосеках**

Большая часть территории Республики Коми покрыта лесами промышленного использования. Современные технологии лесосечных работ позволяют заготавливать древесину круглогодично, но транспортировка древесины от лесосеки до потребителя в течение всего года затруднительна из-за отсутствия лесовозных дорог.

К настоящему времени накоплен опыт решения вопросов, возникающих при проектировании, строительстве и эксплуатации лесных дорог. Промышленные лесозаготовки предъявили новые требования к лесным дорогам и в целом к транспортному обустройству мест осуществления лесозаготовок, начиная от лесосек, мест сортировки и временного складирования срубленной древесины, дорог для вывозки заготовленной древесины, в т. ч. на значительные расстояния (сотни километров) от лесосеки. Критерием создания транспортного обустройства мест лесозаготовок стали минимальные затраты при максимальной выгоде, поэтому дороги строились из того расчета, что их эксплуатация продлится не дольше, чем проведение лесозаготовок.

Стоимость строительства лесных дорог возрастает от волоков до основных и многоцелевых дорог прямо пропорционально их ширине, минимальному радиусу поворота, скорости движения по ней и обратно пропорционально ограничению максимального уклона. Негативные