

Ю.И. Мисуно, ассист.;
П.А. Протас, доц., канд. техн. наук;
А.С. Панкратович, асп.
(БГТУ, г. Минск)

МНОГОКРИТЕРИАЛЬНАЯ ЗАДАЧА ОПТИМИЗАЦИИ ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ ЛЕСОСЕКИ С ОБЕСПЕЧЕНИЕМ СОВМЕСТИМОСТИ ЛЕСНЫХ МАШИН С ПОЧВОГРУНТАМИ

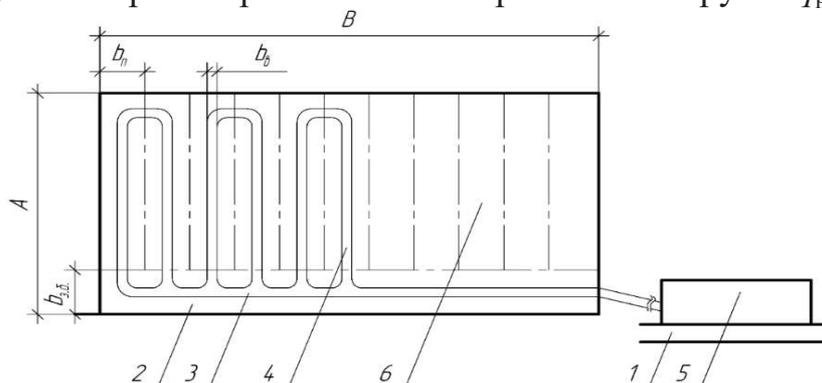
Задача оптимизации транспортно-технологических элементов лесосеки (далее – ТТЭ) является многокритериальной, так как с учетом целей лесопользования может требовать решения сразу нескольких целевых функций: минимизация негативного экологического влияния лесозаготовительных машин на лесной почвогрунт, с обеспечением максимальной производительности лесозаготовительных машин и минимальными затратами на транспортно-переместительные операции.

В качестве основного показателя экологического воздействия лесных машин на почвогрунт принята степень уплотнения почвогрунта, а повышение эксплуатационной эффективности работы лесных машин в задаваемых условиях будет обеспечена путем увеличения числа рейсов на транспортировку лесоматериалов с лесосеки на погрузочный пункт с эффективной грузовой работой.

В целом постановка задачи оптимизации будет следующая: на предприятии имеется к разработке лесосека с параметрами $A \times B$ (м), средним запасом древесины на 1 га $q_{га}$ ($м^3/га$), суглинистыми или переувлажненными супесчаными почвами. Для выполнения транспортно-переместительных операций будет использоваться погрузочно-транспортная машина (ПТМ) с грузоподъемностью $V_{п}$ ($м^3$). Задача заключается в том, чтобы подобрать такие параметры технологических элементов лесосеки, чтобы обеспечить минимальное уплотнение почвогрунта ρ ($г/см^3$) и максимально возможное количество рейсов n_p лесотранспортных машин с лесосеки на погрузочный пункт.

При определении исходных данных следует принять предварительный вариант схемы расположения трелевочных волоков и погрузочного пункта. Наиболее распространенной в Беларуси является параллельная схема с устройством промежуточного склада у дороги общего пользования (Рисунок 1). При этом расстояние подвозки $l_{п}$ (от лесосеки до промежуточного склада) не превышает 1–1,5 км.

В качестве основного параметра оптимизации ТТЭ лесосеки является ширина пасеки $b_{п}$ (м), а обеспечения эффективности применения погрузочно-транспортных машин – рейсовая нагрузка q_p (м³).



- 1 – лесохозяйственная дорога или дорога общего пользования;
 2 – зона безопасности; 3 – магистральный трелевочный волок; 4 – пасечный трелевочный волок; 5 – промежуточный склад; 6 – пасека

Рисунок 1 – Транспортно-технологическая схема лесосеки с промежуточным складом и параллельным расположением пасечных трелевочных волоков

Первой целевой функцией является максимально возможное число рейсов с учетом принятых параметров оптимизации:

$$n_p(b_p, q_p) = \frac{b_p \cdot A \cdot q_{га}}{10^4 \cdot q_p} + 1 \rightarrow \max. \quad (1)$$

Вторая целевая функция учитывает состояние лесного почвогрунта после выполнения всех технологических и транспортных операций через показатель степени уплотнения почвогрунта [1]:

$$\rho(b_p, q_p) = \rho_0 + \frac{\rho_{ТВ}}{1 + \frac{E \cdot (1 + 0,2 \cdot n_p) \cdot (\varphi_0 \cdot l \cdot n_p + v \cdot K_F)}{q_{\max} \cdot K_F \cdot \varphi_0 \cdot l \cdot n_p}} \rightarrow \min, \quad (2)$$

где ρ_0 – начальная плотность грунта, г/см³; $\rho_{ТВ}$ – плотность твердых частиц, г/см³; E – модуль деформации почвогрунта, МПа; φ_0 – угол внутреннего трения почвогрунта; l – длина линии контакта движителя лесной машины с почвогрунтом, м; n_p – количество проходов машины по одному волоку; v – скорость движения машины, м/с; K_F – коэффициент площади контакта движителя с почвогрунтом; q_{\max} – максимальное давление движителя на почвогрунт, кН.

Важным этапом постановки задачи оптимизации является определение ограничений, которые устанавливают пределы изменения значений принятых параметров оптимизации.

В качестве первого ограничения следует принять требования СТБ 1360-2002, согласно которому суммарная площадь технологических элементов лесосеки не должна превышать 25 % от площади лесосеки. Тогда:

$$\frac{b_B \cdot l_B \cdot \frac{B}{b_{II}} \cdot k_{уд} \cdot k_{раз} + b_M \cdot l_M \cdot n_M}{S_{II}} \leq 0,25, \quad (3)$$

где b_B – ширина пасечного трелевочного волока, м; l_B – длина пасечного трелевочного волока, м; $k_{уд}$ – коэффициент удлинения волока за счет маневрирования ПТМ; $k_{раз}$ – коэффициент, учитывающий поворот лесных машин на следующую пасеку; b_M – ширина магистрального трелевочного волока, м; l_M – длина магистрального трелевочного волока, м; n_M – количество магистральных трелевочных волоков.

Второе ограничение касается параметра ширины пасеки, величина которого зависит от типа применяемого оборудования и машин, выполняющих технологические операции на лесосеке. Так, при разработке пасеки харвестером значение ширины пасеки не может превышать величину двойного вылета манипулятора харвестера.

Обязательным условием при поставленной задаче является обеспечение транспортировки всего объема заготовленной древесины с лесосеки на склад. Так как количество рейсов лесотранспортных машин зависит от запаса лесоматериалов на пасеке и на лесосеке в целом, то очередное ограничение будет связано с грузовой работой R_{II} ($\text{м}^3 \cdot \text{м}$) на пасечном волоке [2]:

$$R_{II} = \frac{0,5 \cdot A \cdot b_{II} \cdot q_{га} \cdot l_B}{10000}. \quad (4)$$

Соответственно суммарная грузовой работы на пасечных трелевочных волоках должна составить общий запас древесины на лесосеке:

$$\sum_{i=1}^{n_{II}} R_{IIi} = \frac{A \cdot B \cdot q_{га}}{10000}, \quad (5)$$

где n_{II} – число пасек:

$$n_{II} = \frac{B}{b_{II}}. \quad (6)$$

Для ограничения экологического воздействия техники на лесной почвогрунт учтем характеристику работоспособности трелевочного волока через показатель грузонапряженности W ($\text{м}^3 \cdot \text{м}/\text{м}$) – определяется количеством грузовой работы, приходящейся на 1 м трелевки лесоматериалов:

$$W = \frac{R_{II}}{l_B}, \quad (7)$$

В зависимости от типа местности значение работоспособности можно принять в следующем диапазоне: I тип – от 6 до 17 $\text{м}^3 \cdot \text{м}/\text{м}$; II тип – 3,4–6 $\text{м}^3 \cdot \text{м}/\text{м}$; III тип – 2,55–5,1 $\text{м}^3 \cdot \text{м}/\text{м}$; IV тип – 1,7–2,55 $\text{м}^3 \cdot \text{м}/\text{м}$.

На основании выполненных расчетов в соответствии с заданными условиями и полученным результатам (Рисунок 2), можно сделать вывод о том, что транспортная способность пасечного трелевочного волока на III типе местности сможет обеспечить работу ПТМ по транспортировке лесоматериалов только при ширине пасеки менее 5 м, при этом плотность почвогрунта все равно будет увеличиваться в два раза.

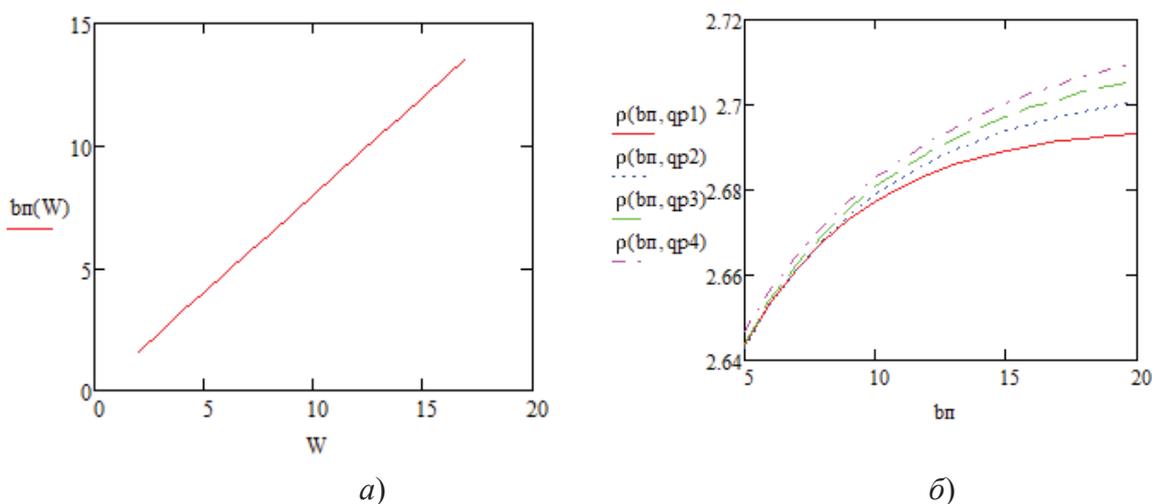


Рисунок 2 – Влияние грузонапряженности трелевочного волока на ширину пасеки (а) и ширины пасеки на плотность почвогрунта при различной рейсовой нагрузке ПТМ (б)

Проблемы переуплотнение слабонесущих лесных почв почвогрунта может стать только принятие комплексных мер, которые должны включать в себя не только снижение рейсовой нагрузки и изменения параметров транспортно-технологических элементов лесосеки, но и повышение работоспособности трелевочного волока путем его армирования порубочными остатками, проведение работ при климатически благоприятных условиях и т. д.

ЛИТЕРАТУРА

1. Жураковский, В.П. Оценка проходимости и вредного воздействия на почву многоосной колесной машины: автореф. дис. ... канд. тех. наук: 05.05.03 / Московский автомобилестроительный институт. – Москва, 1993. – 15 с.
2. Григорьев И.В., Тихонов И.И., Куницкая О.А. Технология и машины лесосечных работ: учебное пособие по курсовому проектированию. – СПб.: СПбГЛТУ, 2013. – 132 с.