

Н. П. Вырко, профессор; И. И. Тумашик, ст. преподаватель; А. М. Лось, ассистент;
С. В. Яролик, ассистент

ВЫБОР СПОСОБА УСИЛЕНИЯ СУЩЕСТВУЮЩИХ ЛЕСНЫХ ДОРОГ, РАСПОЛОЖЕННЫХ НА I И II ТИПАХ МЕСТНОСТИ ПО УСЛОВИЯМ УВЛАЖНЕНИЯ

The article is devoted to problems of the choice of the manner of the reinforcement existing timber roads with provision for types to terrain under the provisions of moistening. For reinforcement road construction timber roads us are recommended use the geosynthetic material, thermo stabilization soils and composites on their base, as well as joint using is specified of the methods. Use geosynthetic material will allow on 20-30% reduce the volume of the earthworks, reduce or completely exclude using woods, raise toughness and longevity before design on repair and reconstruction is given.

Успешная работа лесного комплекса в значительной степени зависит от ритмичной работы лесовозного автотранспорта на вывозке заготовленного леса, которая, в свою очередь, определяется эксплуатационным состоянием лесотранспортных путей и лесовозных дорог. С течением времени дорожные покрытия под воздействием лесных машин и лесовозного автотранспорта изнашиваются, а под воздействием погодно-климатических факторов изменяется прочность и устойчивость земляного полотна и материала дорожной одежды. В связи с этим усиление существующих лесных дорог в период их эксплуатации с целью восстановления их первоначальной прочности и устойчивости является весьма актуальной задачей.

Транспортное освоение лесосечного фонда главным образом связано со строительством дорог на слабых грунтах. Строительство и эксплуатация лесных дорог в таких условиях сопряжена с большими трудностями, тем более что в последние годы наметился переход на использование менее качественных местных материалов и грунтов, отличающихся низкой несущей способностью. Для улучшения их физико-механических свойств и повышения несущей способности применяются различные инженерные решения: укрепление вяжущими материалами, скелетными добавками и др. При устройстве и усилении лесных путей, особенно на слабых грунтах, приходится увеличивать высоту насыпи или использовать низкосортную древесину, расход которой на 1 км лесовозной автомобильной дороги составляет 400–1000 м³ в зависимости от типа основания.

В настоящее время более 91% лесных дорог являются именно грунтовыми, они постоянно требуют ремонта и качественного улучшения. В связи с этим возникает задача по разработке способов усиления существующих лесных транспортно-технологических путей, сооружаемых с использованием местных низкокачественных материалов, не путем строительства

традиционных конструкций земляного полотна и дорожной конструкции, а путем усиления существующих дорог. Усиление должно проводиться комплексно – как улучшением свойств самого грунта, так и совершенствованием дорожной конструкции.

Для усиления дорожных конструкций существующих лесных дорог рекомендуется применять геосинтетические материалы, термическую стабилизацию грунтов и смесей на их основе, а также совместное применение указанных методов. Использование гибких рулонных геосинтетических материалов позволит на 20–30% снизить объем земляных работ, уменьшить или полностью исключить применение древесины, повысить прочность и долговечность дорожных конструкций, значительно снизить затраты на ремонт и реконструкцию. Термическая стабилизация позволит при усилении максимально использовать малопригодные местные грунты, улучшить прочностные показатели дорожной конструкции и тем самым повысить проежаемость тяжелых лесовозных автопоездов.

Выбор способа усиления дорожной конструкции должен базироваться на обоснование экономической эффективности усиления. Само обоснование является сложной задачей, поскольку на эффект усиления влияет ряд факторов. Некоторые из них могут варьировать в широких пределах.

Экономическая эффективность усиления должна оцениваться по минимуму приведенных суммарных затрат:

$$P_{\text{пр}} = \frac{E_{\text{н}}}{E_{\text{нп}}} C_{\text{е.пр}} + \sum_{t=1}^{t_{\text{сл}}} \frac{C_{\text{тек}}}{(1 + E_{\text{нп}})^t} \rightarrow \min, \quad (1)$$

где $E_{\text{н}}$ – нормативный коэффициент сравнительной эффективности; $E_{\text{нп}}$ – норматив для приведения разновременных затрат; $E_{\text{нп}} = 0,08$; $C_{\text{е.пр}}$ – общая сумма приведенных единовременных затрат; $C_{\text{тек}}$ – общие текущие затраты по годам; $t_{\text{сл}}$ – срок службы лесотранспортного пути до капитального ремонта.

Общая сумма приведенных единовременных затрат

$$C_{e.пр} = C_{\text{кап}} + \frac{C_{\text{пр}}}{(1 + E_{\text{ин}})^{t_{\text{ан}}}} + C_{\text{лгр}} + \sum_{t=1}^{t_{\text{сл}}} \frac{C_{\text{лгр}}}{(1 + E_{\text{ин}})^{t_{\text{сл}}}} + C_{\text{кр}}, \quad (2)$$

где $C_{\text{кап}}$ – капитальные вложения при усилении дорожных одежд; $C_{\text{лгр}}$ и $C_{\text{лгр}}$ – стоимость оборотных фондов хозяйства, соответствующая массе грузов круглогодичного производства и потребления, постоянно находящихся в транспортном процессе; $C_{\text{кр}}$ – затраты на капремонт усиленной дорожной конструкции.

Основной эффект от усиления дорожных конструкций лесных дорог достигается в результате гарантированного обеспечения проезда и увеличения скорости движения лесовозных автопоездов, снижения себестоимости вывозки заготавливаемой древесины, сокращения времени доставки древесины к потребителю или к пункту переработки, а также уменьшения требуемого количества автопоездов для вывозки заготовленного леса вследствие увеличения рейсовой нагрузки.

Определяющим фактором в этих случаях является скорость движения автопоездов, которая зависит от состояния покрытия транспортно-технологического пути. Для низших и переходных типов покрытий существует зависимость средней годовой скорости потока автомобилей $V_{\text{сп}}$ от степени деформирования дорожной одежды:

$$V_{\text{сп}} = k_r k_d k_{\text{ф}} [80 - k_{\text{пок}} \beta_s - 0,076 N_1 q^{(t-1)}], \quad (3)$$

где k_r – коэффициент, характеризующий влияние степени деформируемости r дорожной одежды на среднюю скорость движения потока автомобилей; k_d – коэффициент, учитывающий влияние геометрических элементов дороги и природно-климатических факторов на скорость движения автомобилей; $k_{\text{ф}}$ – коэффициент, учитывающий влияние состояния водителей на скорость; $k_{\text{пок}}$ – коэффициент, учитывающий влияние типа дорожного покрытия на скорость, $k_{\text{пок}} = 0,05$ [1, с. 123, табл. 5.1]; N_1 – интенсивность движения автомобилей на первый год службы, авт./с; β_s – коэффициент, характеризующий влияние эксплуатационного состояния дорожного покрытия, $\beta_s = 240$ [1, с. 123, табл. 5.1]; q – показатель, характеризующий ежегодный прирост интенсивности движения (q чаще всего находится в пределах 1,05–1,20).

Безразмерные коэффициенты, входящие в формулу (3) можно вычислить следующим образом:

$$k_r = 1/(a + br), \quad (4)$$

$$r = s_{\text{деф}}/s_{\text{общ}}, \quad (5)$$

где a, b – безразмерные параметры, установленные в результате статистической обработки данных полевых наблюдений за скоростью движения автомобилей при различной степени деформирования одежды (для смешанного потока и осредненных условий $a = 1; b = 3,6$); $s_{\text{деф}}$ и $s_{\text{общ}}$ – площади участков, соответственно деформированных вследствие недостаточной прочности, и общая площадь покрытия.

Конечной целью оптимизации является достижение требуемой прочности при уменьшении материалоемкости и трудоемкости конструкции. Это положение особенно важно для основных конструктивных элементов дорог – слоистых дорожных одежд. Изменение свойств материалов в каком-либо одном слое может существенно повлиять на смежные слои и всю конструкцию в целом.

В настоящее время основным показателем эффективности дорожной конструкции является показатель приведенных затрат, который учитывает стоимость материалов, ручного труда, эксплуатации машин и затраты на их приобретение. Поэтому целью оптимизации свойств материалов является обеспечение минимума приведенных затрат на устройство конструкции $S_{\text{пр}}$.

Необходимо относить эти затраты к периоду эксплуатации конструкции T , т. е. минимизировать величину $S_{\text{пр}}^{\circ}$, которая может быть названа средними приведенными затратами:

$$S_{\text{пр}}^{\circ} = \frac{S_{\text{пр}}}{T} \rightarrow \min. \quad (6)$$

Приведенные затраты в общем случае

$$S_{\text{пр}} = S_{\text{н}} + \sum_1^T S k_{\text{пр}}, \quad (7)$$

где $S_{\text{н}}$ – начальные приведенные затраты; S – затраты на содержание и ремонты конструкции в процессе эксплуатации; $k_{\text{пр}}$ – коэффициент, учитывающий рассредоточенность капиталовложений во времени.

Суммирование эксплуатационных расходов по годам производится по всему периоду службы конструкции. Применительно к слою дорожной конструкции, который подвергается усилению, может быть получено следующее условие оптимизации:

$$S_{\text{пр}}^{\circ} = \frac{h S_{\text{м}} \gamma \kappa_{\text{т}} \kappa_{\text{к}}}{T} \rightarrow \min, \quad (8)$$

где h – толщина усиливаемого слоя; $S_{\text{м}}$ – приведенные затраты на единицу объема дорожно-строительного материала; γ – объемная масса материала; $\kappa_{\text{т}}$ – коэффициент, учитывающий влияние технологии; $\kappa_{\text{к}}$ – приведенные затраты для всей конструкции.

**Рекомендуемые способы усиления дорожных конструкций
существующих лесных дорог**

| Годовой объем вывозки заготовленной древесины, тыс. м ³ | Способы усиления дорожных конструкций в зависимости от типа грунта и типа местности по условиям увлажнения (I и II тип местности) | |
|--|---|--|
| | лесные дороги на основе песчаных грунтов | лесные дороги на основе глинистых грунтов |
| < 30 | улучшение состава грунта скелетными добавками – I тип; применение рулонных материалов (устройство вертикальных прослоек) в теле земляного полотна (I–II типы) | применение термической стабилизации грунтовых оснований и покрытий – I тип; применение рулонных материалов (устройство разделяющих и армирующих прослоек) – II тип |
| 30–70 | улучшение состава грунта скелетными добавками или укрепление материала покрытия вяжущими – I тип; то же с применением рулонных материалов (устройство вертикальных прослоек) – II тип | применение термической стабилизации грунтовых оснований и покрытий – I тип; то же с последующим укреплением минеральными вяжущими (I–II типы) |
| 70–100 | укрепление грунта минеральными вяжущими покрытий – I тип; то же с применением рулонных материалов по методу «грунт в оболочке» – II тип | применение термической стабилизации грунтов с последующим укреплением минеральными вяжущими (I тип); применение рулонных материалов по методу «грунт в оболочке» с предварительной термообработкой грунтов (I–II типы) |
| > 100 | улучшение грунта скелетными добавками с укреплением минеральными вяжущими и применением рулонных материалов по методу «грунт в оболочке» (I–II типы) | применение рулонных материалов по методу «грунт в оболочке» с термической обработкой подготовленных грунтовых смесей с последующим укреплением минеральными вяжущими (I–II типы) |

Толщина слоя в дорожной конструкции зависит от требуемого эквивалентного модуля всей конструкции $E_{экр}$, эквивалентного модуля упругости основания $E_{э.ос}$, модуля упругости слоя $E_{сл}$, сопротивления растяжению слоя при изгибе K , нагрузки (диаметра отпечатка D и среднего давления $p_{ср}$).

При определении толщины слоя в рассматриваемом случае изменяются только модуль упругости и сопротивление растяжению при изгибе.

Остальные величины остаются для данной дорожной конструкции постоянными.

На основании полученных данных проведенных расчетов экономической эффективности разработаны рекомендации производству по вы-

бору способов усиления дорожных конструкций грунтовых лесотранспортных путей в зависимости от годового объема вывозки заготавливаемой древесины, типа грунта и типа местности по условиям и степени увлажнения. Рекомендуемые способы усиления дорожных конструкций существующих грунтовых лесных дорог на основе геосинтетики и термостабилизации грунтов представлены в таблице.

Литература

1. Усиление нежестких дорожных одежд / О. Т. Батраков, Н. А. Медведкова, В. П. Плевако, В. Н. Ряпухин; Под ред. О. Т. Батракова. – М.: Транспорт, 1985. – 144 с.