

МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ ВОЗДЕЙСТВИЯ КОЛЕСНЫХ ДВИЖИТЕЛЕЙ НА ПОЧВОГРУНТЫ В ЛАБОРАТОРНЫХ УСЛОВИЯХ

The method of realization of researches of influence of a wheel on soils in laboratory conditions is given. The description of measuring devices and the scheme of a location of gauges are submitted.

В процессе исследований степени воздействия лесозаготовительных машин на лесные почвы путем экспериментального определения различных параметров системы «двигатель – лесной грунт» в натуральных условиях трудно учесть влияние множества различных факторов, так как наблюдается значительное их изменение во времени. Все это, а также необходимость подтверждения результатов теоретических и натуральных исследований обуславливает выполнение комплекса работ по оценке взаимодействия движителей с почвогрунтами на стендовых установках и опытных полигонах в лабораторных условиях.

Результаты проведенных нами теоретических и экспериментальных исследований, а также анализ работ других ученых [1–5] показывают, что основными факторами, определяющими степень воздействия движителей на почвогрунты, являются: число проходов машины по одному следу; нагрузка на колесо; уплотнение и деформация почвы; модули упругости и деформации; несущая способность грунтов; напряжения, возникающие в грунтовом массиве.

В соответствии с задачами исследования, в основе которого заложен комплексный системный подход к оценке результатов взаимодействия движителей машин с лесными почвами, а также с учетом выбранных оценочных факторов методика лабораторных экспериментальных испытаний включает следующие элементы:

- 1) изучение динамики физических свойств почвы при воздействии на нее колесного движителя;
- 2) определение численных значений показателей:
 - плотности почвы;
 - модулей упругости и деформации;
 - несущей способности грунтов;
 - деформации почвы;
- 3) определение напряжений в различных зонах грунтового массива в зависимости от числа проходов колеса по одному следу, нагрузки на колесо и других факторов.

Для проведения лабораторных исследований принята установка, которая включает определенной формы ограниченное пространство для формирования исследуемой конструкции верхнего строения транспортного пути (грунтовой канал), автоматизированную самоходную тележку для имитирования движения ходового узла движителя транспортной системы, аппаратуру для измерений и регистрации напряжений и деформаций, набор контрольно-измерительных приборов.

Грунтовой канал выполнен из железобетона. Длина его 20 м, ширина 2,8 м, глубина 1,5 м. Для подачи воды в канал проложена гидросистема, а для регулирования уровня воды в канале устроена дренажная система. Тележка может работать в трех режимах движения – автоматическом, полуавтоматическом и наладочном. Движение тележки реверсивное. Бесступенчатое регулирование скорости может осуществляться в пределах 0,2 – 5 м/с. Установка позволяет изменять нагрузку от колеса на покрытие в пределах 2000 кг, 2500 и 3200 кг. Изменение достигается с помощью гидросистемы.

Для записи напряжений, регистрируемых мессдозами в грунтовом массиве, используется измерительная аппаратура (рис. 1) в составе восьмиканального многофункционального измерительного усилителя Spider 8 и персонального компьютера. Для регистрации и

обработки данных, получаемых с измерительного прибора, применяется пакет программного обеспечения Catman express.

В качестве инструментов в процессе исследования используются режущее кольцо и прибор Ковалева (для определения плотности почвы), ударник СоюзДорНИИ (для нахождения модулей упругости и деформации и несущей способности грунтов), нивелир (для установления глубины колеи), тензорезисторные преобразователи давления (мессдоза Баранова) с пределом измеряемого давления 0,45 МПа (для определения напряжений в почве).

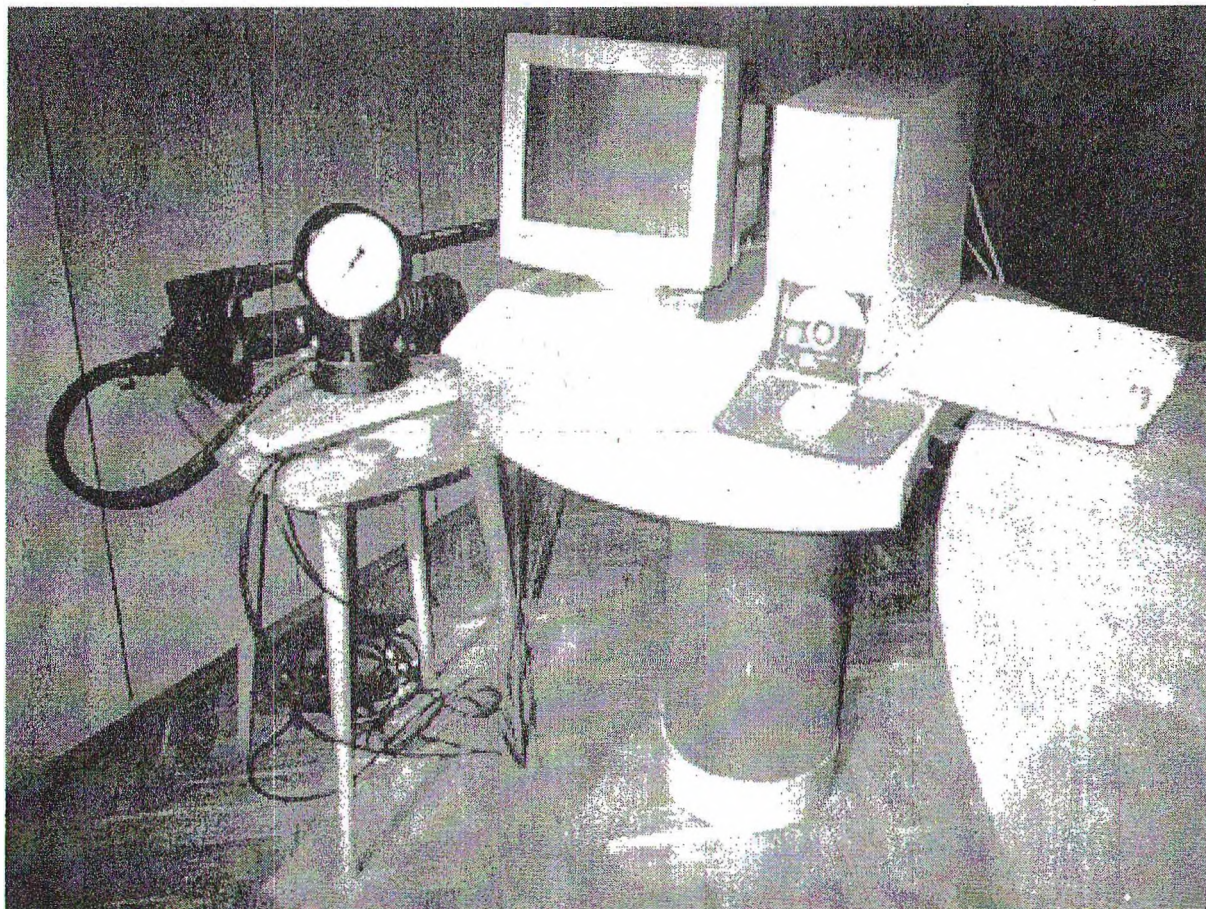


Рис. 1. Аппаратура для тарировки мессдоз и записи измеряемых параметров, регистрируемых мессдозами

Методика лабораторного эксперимента состоит из следующих последовательных этапов:

- 1) подготовка приборов и измерительного оборудования, включающая их наладку, тарировку и т. д.;
- 2) закладка опытных участков;
- 3) проведение серии испытаний с изменением различных факторов:
 - нагрузки на колесо;
 - давления воздуха в шинах;
 - типа почвы и количества закладываемых слоев;
 - начальной плотности и влажности грунта;
 - толщины настила из сучьев и ветвей, укрепляющих транспортный путь;
 - ориентации расположения порубочных остатков;
- 4) получение и обработка результатов;
- 5) корректировка и проведение дополнительных измерений;
- 6) выводы и рекомендации.

Для определения напряжений в грунте перед испытаниями производится тарировка мессдоз, которые нагружаются с помощью гидравлического пресса под контролем манометра до 0,4 МПа через 0,1 МПа с пятикратной повторностью.

Испытания проводятся на двух экспериментальных участках, каждый из которых имеет длину 2,6 м, ширину 1,2 м, глубину 50 см, почвогрунт – суглинок. Участок выкладывается послойно, каждому слою придаются определенные плотность и влажность, наиболее приближенные к естественным условиям: основание песчаное (плотность 1,70 – 1,80 г/см³, влажность 10 – 15%); 1-й слой (10 см, плотность 1,50 – 1,60 г/см³, влажность 15%); 2-й слой (7,5 см, плотность 1,45 г/см³, влажность 15%); 3-й слой (7,5 см, плотность 1,35 – 1,40 г/см³, влажность 15%); 4-й слой (12,5 см, плотность 1,30 г/см³, влажность 15 – 20%); 5-й слой (12,5 см, плотность 1,25 г/см³, влажность 25%).

Для определения напряжений, возникающих в грунте, закладывается пять мессдоз. Мессдозы располагаются на различной глубине непосредственно по центру спаренных колес, по центру левого колеса, а также на краю колеса. Схема расположения мессдоз и их номера показаны на рис. 2. Следует отметить, что мессдозы закладываются в характерных точках, которые обусловлены по ширине – размерами движителя, по глубине – количеством слоев грунтового массива (мессдоза устанавливается на границе слоев). Показания датчиков регистрируются с частотой 5 измерений в секунду и после каждого прохода записываются в базу данных компьютера для дальнейшей обработки.

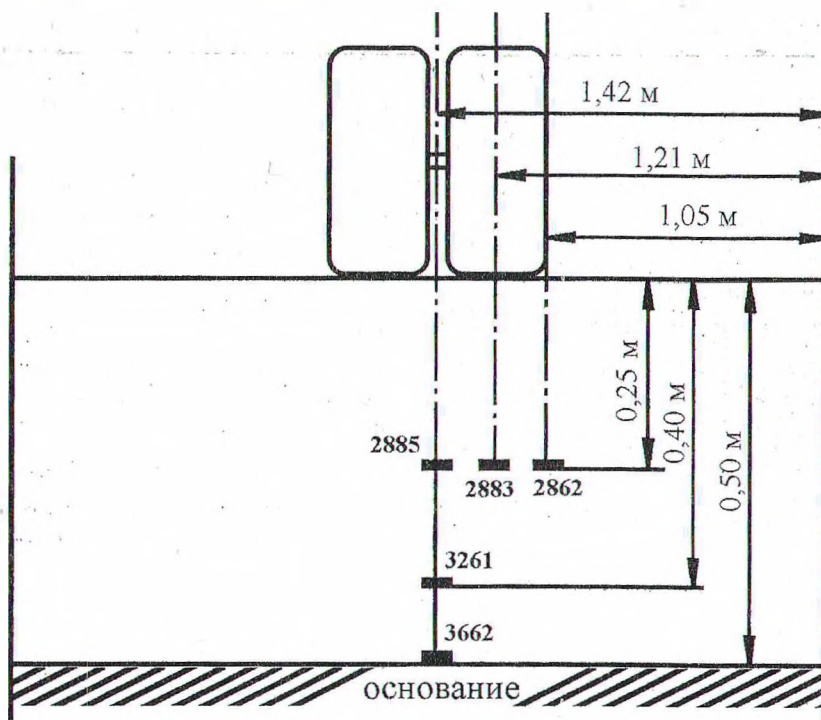


Рис. 2. Схема расположения мессдоз в грунтовом массиве

При проведении испытаний фиксируются нагрузка на колесо, давление воздуха в шинах, число проходов по одному следу. После каждого прохода замеряются деформация почвы в левой и правой колеях по двум точкам, плотность почвы с трехкратной повторностью, количество ударов ударником, регистрируются напряжения в грунтовом массиве, а также размеры участка приложения и снятия нагрузки.

Модуль деформаций определяется с помощью ударника СоюзДорНИИ. Принцип действия ударника основан на погружении наконечника в грунт на глубину 10 см при определенном числе ударов груза весом 25 Н о шайбу при свободном падении с высоты 0,4 м. По числу ударов груза определяется модуль деформации (в МПа) по формуле А.К. Бируля:

$$E_0 = 1,55 \cdot N,$$

где N – число ударов груза.

Модуль упругости определяется по формуле

$$E_y = (3,25 \div 3,5) E_0.$$

Несущая способность для несвязных и малосвязных грунтов

$$p = 0,00877 \cdot E_0.$$

Плотность грунтов определяется методом режущего кольца. Данный метод позволяет установить плотность связных грунтов, легко поддающихся вырезке, а также грунтов, объем и форма которых могут быть сохранены только при помощи жесткой тары. При измерении плотности почвенные образцы, как правило, берутся непосредственно из колеи после каждого прохода.

Плотность грунта определяется отношением массы образца грунта к его объему

$$\rho = (m_1 - m_2) / V,$$

где m_1 – масса грунта с кольцом, г; m_2 – масса кольца, г; V – внутренний объем кольца, см³.

Для каждой пробы грунта проводятся трехкратные параллельные определения объемной массы, и затем вычисляется среднее значение.

С целью получения сравнительных характеристик работоспособности трелевочных волоков, укрепленных отходами лесозаготовок, методика предусматривает проведение шести циклов испытаний: с варьированием нагрузки на колесо (2000, 2500, 3200 кг) без укрепления волока, а также с постоянной нагрузкой 3200 кг, но различными толщинами покрытия из сучьев и ветвей (10, 20 и 30 см). Сучья и ветви в свежесрубленном состоянии укладываются по всей площади экспериментального участка перпендикулярно оси движения тележки. После каждого цикла измерений экспериментальному участку задаются первоначальные параметры плотности, влажности, модулей деформации, упругости и несущей способности грунтов.

В целях оптимизации исследований взаимовлияния рассматриваемых факторов целесообразно проведение испытаний на основе планирования эксперимента. Полученные результаты могут обрабатываться непосредственно в программном приложении Catman express или импортироваться в любой другой пакет прикладных программ, где есть функции математического анализа и статистической обработки данных.

Методика является типовой и может применяться для оценки работоспособности различных покрытий лесотранспортных путей с учетом множества факторов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Федоренчик А.С., Макаревич С.С., Протас П.А. Аналитическое исследование колееобразования на трелевочных волоках, укрепленных отходами лесозаготовок // Лесной журнал. – 2002. – № 1. – С. 80–89. (Изв. высш. учеб. заведений).
2. Протас П.А. Оценка влияния лесозаготовительных машин на лесные почвогрунты // Труды БГТУ. Лесная и деревообрабатывающая промышленность. – Мн., 2003. – Вып. XI. – С. 99–103.
3. Шакунас З., Бистрицкас В. Изменение водно-физических свойств почвы на волоке при разработке лесосек агрегатными машинами // Лесное хозяйство. – 1985. – № 2. – С. 33–35.
4. Федоренчик А.С., Жуков А.В., Мохов С.П., Лой В.Н., Протас П.А. Показатели воздействия движителей лесных колесных машин на почву // Леса Беларуси и их рациональное использование: Материалы МНТК. – Мн.: БГТУ, 2000. – С. 370–372.
5. Котиков В.М. Воздействие лесозаготовительных машин на лесные почвы: Автореф. дис. ... д-ра. техн. наук. 05.21.01. – М., 1995. – 37 с.