

## ПРИМЕНЕНИЕ РАДИОИЗОТОПНЫХ ПРИБОРОВ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ВЛАЖНОСТИ И ПЛОТНОСТИ ГРУНТОВ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА

В настоящее время лесозаготовительная промышленность вывозит по автомобильным дорогам более 85% заготавливаемой в стране древесины. Ежегодно строится около 9,0 тыс. км автомобильных лесовозных дорог, 6,0 тыс. км из которых являются дорогами круглогодичного действия с большими грузооборотами [1]. На вывозке леса применяются большегрузные автопоезда на базе автомобилей МАЗ-509, КрАЗ-255Л с прицепами-ропусками ТМЗ-803 и др. В связи с повышением расчетных нагрузок и увеличением интенсивности движения значительно возросли требования к земляному полотну автомобильных лесовозных дорог, к качеству его строительства. Поэтому при строительстве земляного полотна необходимо производить контроль за состоянием влажности и плотности грунтов.

В полевых условиях плотность грунта земляного полотна контролируется различными способами: динамическим конусом мембранного плотномера или плотномера-гости; ультразвуковым методом; плотномером В.П. Ковалева - этот метод находит большее применение и радиоизотопными приборами [2].

В настоящее время серийно выпускаются плотномер-влажномер В.П. Ковалева и радиоизотопные приборы. При использовании плотномера-влажномера нужен отбор проб, что ведет к нарушению структуры грунта и уменьшению точности измерения.

Практика гидротехнических работ и контроль плотности и влажности при строительстве дорог общего пользования показали, что радиоизотопные приборы безопасны и просты в эксплуатации.

Для контроля влажности грунтов земляного полотна применяется нейтронный индикатор влажности /НИВ-2/. Этот индикатор позволяет определять объемную влажность в пределах от 2,5 по 40% с погрешностью не более 2%.

Измерение влажности грунтов основано на использовании эффекта замедления быстрых нейтронов ядрами водорода, который входит в состав молекул воды. Источником быстрых нейтронов является смесь двух химических элементов - бериллия и плутония /Be + Pu/. При ядерной реакции бериллий облучается  $\alpha$ -частицами, которые образуются в резуль-

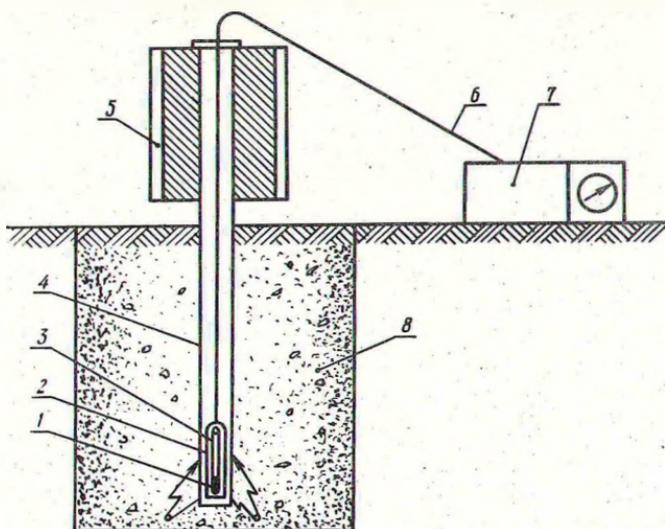


Рис. 1. Схема нейтронного влагомера и глубинного гамма-плотнмера; 1 – источник нейтронного или гамма-излучения; 2 – зонд; 3 – детектор; 4 – обсадная труба; 5 – контрольно-транспортное устройство; 6 – соединительный кабель; 7 – пересчетный прибор с источником питания; 8 – грунт.

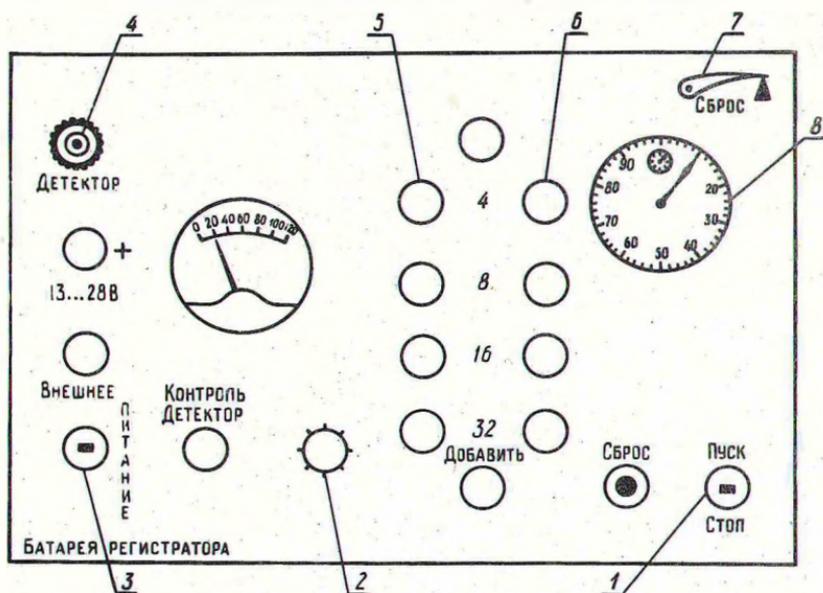
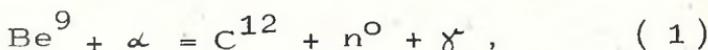


Рис. 2. Схема лицевой панели пересчетного прибора: 1 – тумблер "пуск"; 2 – установка режима работы регистратора; 3 – тумблер включения питания; 4 – разъем для подключения датчика; 5 – тиратроны левого ряда; 6 – тиратроны правого ряда; 7 – рычаг сброса счета; 8 – электромеханический счетчик.

тате распада плутония, вследствие чего возникают быстрые нейтроны



где  $\text{C}^{12}$  —углеводород;  $n^0$  —нейтроны;  $\gamma$  —гамма-излучение.

Быстрые нейтроны при взаимодействии с молекулами воды теряют часть энергии, что ведет к возникновению медленных нейтронов.

При введении в грунт источника быстрых нейтронов (в результате замедления их атомами водорода) вокругданного источника образуется облако медленных нейтронов. Плотность облака медленных нейтронов зависит от содержания атомов водорода в грунте, т.е. чем выше влажность грунта, тем плотнее облако. Если измерить плотность облака медленных нейтронов и выразить ее количеством импульсов в единицу времени, то можно определить влажность грунта вблизи источника излучения. Данный принцип положен в основу работы НИВ-2, который состоит из следующих блоков: зонда с источником нейтронного излучения и детектором, контрольно-транспортного устройства и пересчетного прибора для регистрации импульсов /рис. 1/.

Зонд, являющийся датчиком электрических импульсов, служит для погружения в земляное полотно источника нейтронов и детектора. Регистрация медленных нейтронов в НИВ-2 осуществляется детектором с четырьмя газоразрядными счетчиками типа СБМ-2, которые заключены в экран из кадмия, для поглощения медленных нейтронов. Гамма-кванты, возникающие при захвате медленных нейтронов кадмиевым экраном, попадая в счетчик, вызывает ионизацию газа. В результате на анодесчетчика появляется импульс тока, который по соединительному кабелю поступает в пересчетный прибор. На рис. 2 представлена схема лицевой панели пересчетного прибора ПМ-2, который состоит из блока предварительного пересчета, пересчетной схемы на тиратронах и электромеханического счетчика (ЭМС) импульсов ЭМС-2. На счетчике имеется две шкалы: большая стрелка отсчитывает десятки и единицы, а малая — сотни. Схема, выполненная на тиратронах, необходима для запуска ЭМС и пересчета импульсов.

По команде "Сброс" пересчетная схема на тиратронах устанавливается в исходное положение, при этом тиратроны левого ряда 5 гаснут, а тиратроны правого ряда 6 загораются. По команде "Пуск" начинается отсчет импульсов. Количество импульсов  $N$ , зарегистрированное ПМ-2, определяется по показанию ЭМС  $N_{\text{ЭМС}}$  и сумме цифр около левого ряда светящихся тиратронов  $N_{\text{доб}}$  и определяется по формуле

$$N = 64 N_{\text{ЭМС}} + N_{\text{доб}} \quad (2)$$

Для установки стрелок ЭМС на ноль имеется рычаг сброса 7.

Контрольно-транспортное устройство /КТУ/ предназначено для учета изменений интенсивности радиоактивного источника и его транспортировки. КТУ имеет металлический кожух, защищающий его от механических повреждений, и снабжено приспособлениями для установки его на обсадную трубу.

Для определения плотности грунтов земляного полотна применяется глубинный гамма-плотномер ГП-2, позволяющий определять плотность грунта в пределах от 1,0 до 2,3 г/см<sup>3</sup>, причем погрешность не превышает  $\pm 0,1$  г/см<sup>3</sup>. Глубинный  $\gamma$ -плотномер и нейтронный влагомер состоят из одинаковых блоков. Источником  $\gamma$ -излучения в плотномере является радиоактивный элемент цезий  $^{137}\text{Cs}$ . В датчике прибора ГП-2 находится источник  $\gamma$ -квантов, защищенный от прямого излучения свинцовым экраном детектора рассеяных  $\gamma$ -квантов. Экран поглощает  $\gamma$ -кванты с энергией ниже 0,15 МэВ. Прощедшие через экран  $\gamma$ -кванты попадают в счетчик, вызывая в них ионизацию газа.

КТУ для ГП отличается от КТУ НИВ поглотителем  $\gamma$ -квантов, состоящим из свинцовых прокладок.

При проведении исследований влажности и плотности грунтов земляного полотна на кафедре сухопутного транспорта леса и дорожных машин Белорусского технологического института им. С.М.Кирова на протяжении ряда лет применяются радиоизотопные приборы НИВ-2 и ГП-2.

При радиоизотопных измерениях влажности и плотности предварительно подготавливаются скважины ручным буром АМ-16, которые укрепляются обсадными трубами полиэтиленовыми или дюралиевыми. Внутренний диаметр труб равен 50 мм, что соответствует диаметру зонда измерительного прибора. На верхних концах труб устанавливаются металлические головки с завинчивающимися крышками для предупреждения попадания грязи в трубы. Нижние концы труб герметически закрываются насадками. При изменении влажности или плотности грунта на обсадную трубу надевается КТУ. Далее согласно инструкции, прилагаемой к каждому прибору, проводят измерения скорости счета в грунте земляного полотна  $/N_{\text{гр}}/$  и в КТУ  $/N_{\text{кту}}/$ . После определения относительной скорости счета  $(N_{\text{гр}}/N_{\text{кту}})$  по тарифовочному графику находят величину влажности или плотности грунта.

Таблица 1. Пределы сезонного изменения относительной влажности на опытных участках

Конструкция участка дороги	Глубина закладки датчиков, м	Пределы сезонного колебания влажности, /по отношению к границе	
		ось дороги	обочина дороги
1	2	3	4
Участки 1—4	0,10	0,54—0,65	0,67—0,70
Для регулирования водно-теп-	0,30	0,50—0,62	0,63—0,70
лового режима	0,50	0,56—0,60	0,66—0,71
заложен дренаж-	0,70	0,67—0,84	0,72—0,95
ные ситемы из гончарных и поли-	0,90	0,70—0,89	0,80—1,06
этиленовых труб на глубине 0,4—0,5 м от верха покрытия			
Участок 5	0,10	0,50—0,60	0,56—0,69
Для регулирования водно-теплого	0,30	0,55—0,62	0,58—0,69
режима на глуби-	0,50	0,60—0,65	0,71—0,69
не 0,8 м от вер-	0,70	0,69—0,83	0,73—0,92
ха покрытия за-	0,90	0,70—0,87	0,73—0,99
ложена на всю ши-			
рину земляного по-			
лотна нестабили-			
зированная поли-			
этиленовая пленка			
Контрольный учас-	0,10	0,60—0,88	0,70—0,95
ток	0,30	0,68—0,86	0,71—0,98
	0,50	0,69—0,95	0,73—1,00
	0,70	0,68—0,87	0,72—1,03
	0,90	0,70—0,90	0,82—1,09

При практическом определении плотности грунта на точность ее измерения оказывает влияние зазор между обсадной трубой и скважиной, так при величине зазора 2—3 мм плотность уменьшается на 0,15—0,20 г/см<sup>3</sup>. Величина зазора на точность измерения влажности существенного влияния не оказывает. Для устранения зазора в производственных условиях рекомендуется использовать сухой мелкий песок или суспензии жирной глины.

Радиоизотопные приборы позволяют осуществлять оперативный контроль плотности и влажности с получением достоверных данных как при строительстве автомобильных лесовозных дорог, так и при проведении исследований, и сократить время измерения.

Используя данные приборы, нами проведены исследования сезонного изменения влажности грунтов земляного полотна/табл.1/ автомобильной лесовозной дороги дер. Старый пруд —Рованичи Червенского леспромхоза. Высота насыпи 0,6–0,8 м, покрытие гравийное.

Анализ сезонного изменения относительной влажности грунта земляного полотна показывает, что средняя относительная влажность его в весенний период на участках с дренажом составила 0,73, а на контрольном участке ее величина достигла 0,86. Относительная весенняя влажность на участке с гидроизолирующей прослойкой была 0,63, что значительно меньше, чем на контрольном.

Применение радиоизотопных приборов при проведении исследований водно-теплого режима дорог позволило значительно сократить время эксперимента и получить достоверные данные.

#### Л и т е р а т у р а

1. Тимофеев Н.В. Рубежи 1978-го.—Лесная промышленность, 1978, № 1. 2. Тулаев А.Я. и др. Применение радиоизотопных приборов для контроля качества дорожно-строительных работ. М., 1975.

УДК 629.114.3

К.Т.Старовойтов, Г.Г.Давыдулин

### ОСОБЕННОСТИ РАБОТЫ ЛЕСОВОЗНЫХ АВТОПОЕЗДОВ В УСЛОВИЯХ БЕЛОРУССИИ

Лесозаготовительные предприятия республики (объединения и леспромхозы) осуществляют свою деятельность в гусонаселенных районах с хорошо развитым сельскохозяйственным производством и промышленностью.

Выполнение производственной деятельности, а также решение хозяйственных проблем невозможно без четко налаженных транспортных связей как в технологическом процессе, так и во всей деятельности лесозаготовительных предприятий.

Вывозка леса в настоящее время осуществляется больше-